

Микроорганизми за млечнокисели продукти - Обзор

Сергей Сергеев

*Институт по консервиране и качество на храните, гр. Пловдив, бул. „Васил
Априлов“ №154, п.к. 4027, гр. Пловдив, обл. Пловдив, България
Селскостопанска Академия- София, България*

Microorganisms for Lactic Acid Products – A review

Sergey Sergeev

*Institute of food preservation and quality, Plovdiv, 154 Vasil Aprilov Bul., 4027 Plovdiv,
Plovdiv region, Bulgaria
Agricultural Academy- Sofia, Bulgaria
E-mail: sergei_sergeev1993@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Млечнокиселите бактерии са добре познати от човечеството. Могат да бъдат открити както в стомашно-чревния тракт на хора и животни, така и в природата. Тяхното използване се развива бързо в промишлеността, като се цели откриването на нови щамове, симбиотични култури и други, с цел производството на по-добри и функционални продукти.

Изследването на млечнокиселите бактерии, придаващи плътност, киселинност, вкус, аромат и по-бърза коагулация, е важно от научно-приложна гледна точка. За целта са проучени съвременни литературни източници на автори, работили по различни родове, видове и щамове млечнокисели микроорганизми. Литературната справка обхваща представители на родовете *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactocaseibacillus* и *Lactococcus*.

Резултатите от литературната справка показват, че се откриват нови щамове, от изследваните видове, с

SUMMARY

Lactic acid bacterias are well known by mankind. They can be found in the gastrointestinal tract of humans and animals as well as in nature.

Their use is developing rapidly in industry, with the aim of discovering new strains, symbiotic cultures, etc., with main goal- production of better and more functional products.

The study of lactic acid bacterias, which contains density, acidity, flavour, aroma and faster coagulation, is important from a scientific and applied point of view.

For this purpose, contemporary literature of authors who have worked on different species and strains of lactic acid microorganisms were studied. The literature review covers the species *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Lactocaseibacillus* and *Lactococcus*.

The results of the literature review show that new strains are being discovered, from the studied species,

най- разнообразни свойства . След проведеното проучване е възможно допълнително изследване на различни проучвани микроорганизми.

Ключови думи: млечнокисели продукти, микроорганизми, термофилни, мезофилни

УВОД

Редица учени са установили, че, млечнокиселите бактерии (МКБ) представляват група грам-положителни бактерии, обединени от морфологични, метаболитни и физиологични характеристики (Hayek and Ibrahim, 2013).

Границите на тази група бактерии са били често подлагани на обсъждане, но група изследователи твърдят, че исторически родовете *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* и *Streptococcus* образуват основната част на групата (Von Wright and Axelsson, 2012).

Zheng et al., (2020) правят обстойно генотипно изследване и доказват разлики, чрез което разделят род *Lactobacillus* на:

1. *Lactobacillus*;
2. *Lacticaseibacillus*;
3. *Limosilactobacillus*;
4. *Lactiplantibacillus*;
5. *Ligilactobacillus*.

В настоящата разработка е проведено литературно изследване за новостите при най- често използваните в млечната индустрия представители от родовете *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* и *Lacticaseibacillus*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Извършена е литературна справка на съвременни източници, относно новооткрити щамове от различни видове и техни разнообразни свойства.

with diverse properties. After the study, it is possible to make further investigation of different studied microorganisms.

Keywords: lactic acid products, microorganisms, thermophilic, mesophilic

INTRODUCTION

A number of scientists have established that, lactic acid bacteria (LAB) are a group of gram-positive bacteria united by morphological, metabolic and physiological characteristics (Hayek, and Ibrahim, 2013)

The boundaries of this group have often been debated, but a group of researchers proved that historically the genus: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* and *Streptococcus* form the bulk of the group (Von Wright, and Axelsson, 2012).

Zheng et al., (2020) performed a comprehensive genotyping study and demonstrated differences, dividing the genus *Lactobacillus* into:

1. *Lactobacillus*;
2. *Lacticaseibacillus*;
3. *Limosilactobacillus*;
4. *Lactiplantibacillus*;
5. *Ligilactobacillus*.

In the present work, a literature survey was conducted on novelty in the most commonly used representatives of the genus *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* and *Lacticaseibacillus*, used in the dairy industry.

MATERIAL AND METHODS

A literature review of contemporary sources was performed on newly discovered strains of different species and their diverse properties.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

1. Род *Lactobacillus*

Различни видове от род *Lactobacillus* се използват във функционални храни и напитки. Продължителното му изследване в последните десетилетия го обогатява постоянно. Zheng et al., (2020) правят ревизия на таксономията и променят номенклатурата, отделяйки някои видове от рода. Резултатите са представени в Таблица. 1.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Genus *Lactobacillus*

Various species of the genus *Lactobacillus* are used in functional foods and beverages. Its continuous research in the last decades has enriched it constantly. Zheng et al., (2020) revised the taxonomy and changed the nomenclature, separating some species from the genus. The results are presented in Table 1.

Таблица 1. Таблица с номенклатурните промени за род *Lactobacillus* (Health Canada, 2024)

Table 1. Table of nomenclature changes of eligible *Lactobacillus* species (Health Canada, 2024)

Старо наименование/ Old name (род, вид/genus, species)	Ново наименование/ New name (род, вид/genus, species)	Номенклатурен статус/ Nomenclature status
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Без промяна/No change
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	Променено/Changed
<i>Lactobacillus fermentum</i>	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	Без промяна/Changed
<i>Lactobacillus gasseri</i>	<i>Lactobacillus gasseri</i>	Без промяна/No change
<i>Lactobacillus johnsonii</i>	<i>Lactobacillus johnsonii</i>	Без промяна/No change
<i>Lactobacillus paracasei</i>	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>	Променено/Changed
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	Променено/Changed
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>	Променено/Changed
<i>Lactobacillus salivarius</i>	<i>Ligilactobacillus salivarius</i>	Променено/Changed

Страницата Health Canada (2024) съобщава, че таксономичните ревизии, направени в номенклатурата или научното наименование (т.е. род, вид) на *Lactobacillus*, означават, че в много случаи имената на родовете са променени, но имената на видовете не. При определяне съдържанието на *Lactobacillus* в храни, които са обект на здравна претенция, може да се наложат промени върху етикетите и/или в рекламата. Промените в номенклатурата на *Lactobacillus* се отразяват на някои от допустимите видове *Lactobacillus*, за които могат да се правят инспекции и които не са специфични за даден щам.

От регулираните страни се очаква да приведат етикетирането си в

The Health Canada page (2024) reports that taxonomic revisions were made to the nomenclature or scientific name (i.e. genus, species) of *Lactobacillus* mean that in many cases the genus names have been changed, but the species names have not. When determining the *Lactobacillus* content of foods that are the subject of a health claim, changes may be required on labels and/or in advertising. Changes in the nomenclature of *Lactobacillus* affect some of the eligible *Lactobacillus* species for which inspections can be made and which are not strain specific.

Regulated countries are expected to bring their labelling into line with the

съответствие с актуализираните промени в номенклатурата до 1 януари 2028 г. За промишлеността е предвиден преходен период, за да се осигури достатъчно време за извършване на евентуални промени в етикетите и рекламата на храните.

По време на преходния период върху етикетите на храните и в рекламата може да се изписва или старото или новото наименование на вида *Lactobacillus*, който е обект на здравна инспекция. Регулираните страни трябва да използват само една от следните възможности върху етикета на храната или в рекламата, за да гарантират, че няма да се създаде погрешно впечатление относно съдържанието на *Lactobacillus* в храната:

a) Старото име на вида *Lactobacillus*, като се използва форматът:

- [род] [вид] щам [X];

oПример: *Lactobacillus casei* ABC123

b) Новото наименование на вида *Lactobacillus* заедно с предишното в скоби с термина: „преди“, като се използва форматът:

- [род] [вид] щам [X] (преди [род] [вид] щам [X]); или

oПример: *Lacticaseibacillus casei* ABC123 (преди *Lactobacillus casei* ABC123)

c) Новото наименование на вида *Lactobacillus*:

- [род] [вид] щам [X]

oПример: *Lacticaseibacillus casei* ABC123 (Health Canada, 2024).

Авторите препоръчват при въвеждането на промените да се използва само една последователна опция за наименование върху етикетите и в рекламата, вместо да се използват различни начини за наименоване. Не се препоръчва да се използва една опция за идентифициране на видовете *Lactobacillus*.

updated nomenclature changes by 1 January 2028.

A transition period is foreseen for the industry to allow sufficient time to make any changes to food labelling and advertising.

During the transitional period, either the old or the new name of the *Lactobacillus* species subject to health inspection may appear on food labels and in advertising.

Regulated countries should use only one of the following options on the food label or in advertising to ensure that no misimpression is given about the *Lactobacillus* content of the food:

d) The old species name *Lactobacillus*, using the format:

- [genus] [species] strain [X];

oExample: *Lactobacillus casei* ABC123

e) The new species name of *Lactobacillus* along with the former in parentheses with the term: 'formerly' using the format:

- [genus] [species] strain [X] (formerly [genus] [species] strain [X]); or

oExample: *Lacticaseibacillus casei* ABC123 (formerly *Lactobacillus casei* ABC123)

f) The new species name *Lactobacillus*:

- [genus] [species] strain [X]

oExample: *Lacticaseibacillus casei* ABC123 (Health Canada, 2024).

The authors recommend that only one consistent naming option should be used on labels and in advertising when introducing changes, rather than using different naming options.

It is not recommended to use a single option to identify *Lactobacillus* species.

1.1. *Lactobacillus bulgaricus*

В по-ново изследване Liu et al., (2014) доказват отново твърдението, че щамовете на *L. bulgaricus* продуцират протеолитични ензими при производство на кисело мляко.

Скорошно изследване показва, че щамовете 2214 и 1932 показват добро развитие и подкисляване на грахова емулсия (Alinovi et al., 2025). Предни изследвания на въпросните щамове разкриват, че те показват развитие и продуцират екзополisahариди в MRS Broth среда (Bancalari et al., 2022) и също развитие във ферментирали млека (Tang et al., 2017; Zhang et al., 2018). Alinovi et. al., (2025) твърдят, че може да се направи хипотеза относно продуцирането на тези метаболити техния принос за реологичното развитие на грахово-емулсионните гелове по време на ферментацията. Monica et al., (2025) откриват в друго изследване, че щамовете *L. bulgaricus* 2214 и 1932 са с най-добри показатели при култивиране в ориз, коноп и, соя др. В допълнение авторите констатираат, че щамовете 2214 и 1932 проявяват биопротекторни функции в изброените хранителни среди. Monica et al., (2025) установяват съществени трансформации и промени в ароматния профил, с намаляване на нивата на хексанал и хексанова киселина във ферментиралите проби, което подобрява органолептичните свойства на крайния продукт, като намаляване на нежеланите летливи съединения подчертава значението и потенциала на млечнокиселата ферментация за подобряване както на органолептичните, така и на микробиологичните свойства на протеините на растителна основа.

Alinovi et. Al., (2025) твърдят, че има значителна промяна в цветовите показатели на емулсията. Mefleh et al., (2022) наблюдават увеличение на параметрите на цвета L^* и a^* поради

1.1. *Lactobacillus bulgaricus*

In a recent study, Liu et al., (2014) again proved the claim that *L. bulgaricus* strains produce proteolytic enzymes in yoghurt production.

A recent study showed that strains *L. bulgaricus* 2214 and 1932 showed good development and acidification of pea emulsion (Alinovi et al., 2025). Previous studies of the strains in question revealed that they show development and produce exopolysaccharides in MRS Broth medium (Bancalari et al., 2022) and also development in fermented milks (Tang et al., 2017; Zhang et al., 2018). Alinovi et. al., (2025) argue that a hypothesis can be made regarding the production of these metabolites their contribution to the rheological development of pea-emulsion gels during fermentation.

Monica et al., (2025) found in another study that the strains were *L. bulgaricus* 2214 and 1932 had the best performance when cultured in rice, hemp and, soybean etc.

In addition, the authors found that strains 2214 and 1932 exhibited bioprotective functions in the listed food environments. Monica et al., (2025) found significant transformations and changes in the aroma profile, with a reduction in hexanal and hexanoic acid levels in fermented samples, which improved the organoleptic properties of the final product, with a reduction in unwanted volatile compounds highlighting the importance and potential of lactic acid fermentation in improving both organoleptic and microbiological properties of plant-based proteins

Alinovi et. al., (2025) claim that there is a significant change in the colour performance of the emulsion. Mefleh et al., (2022) observed an increase in L^* and a^* colour parameters due to the

процеса на ферментация на напитки, произведени от черен нахут и ферментирали с различни щамове МКБ (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* и *Lactobacillus plantarum*). За разлика от изследванията в растителни емулсии, Łopusiewicz et al., (2022) показват намаляване на стойностите на a^* на подобна на млечнокисела напитка от пресовани семена на камелина (*Camelina sativa* L.), ферментирала с помощта на закваска за кисело мляко (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*).

1.2. *Lactobacillus helveticus*
Lactobacillus helveticus- грам-положителна млечнокисела бактерия, е важен пробиотик, който е широко разпространен в различни ферментирани храни като кисело мляко и сирене и има значителни стимулиращи ефекти върху човешкото здраве. Благодарение на изключителната си способност за хидролиза на протеини тази бактерия може да ускори зреенето на сиренето и да подобри вкуса на млечните продукти чрез хидролиза на протеини (Begunova et al., 2021). Редица учени са доказали, че някои биоактивни пептиди на *L. helveticus* могат да инхибират ангиотензин-конвертиращия ензим (ACE), трансмембранна цинкова металопротеидаза, която е свързана с хипертонията (Seppo et al., 2003; Beermann and Hartung, 2013; Zoumpopoulou, 2016). *Lactobacillus helveticus* и в частност щамът H9 има разнообразни предимства при млечната ферментация в сравнение със стандартни стартерни култури, като съкращаване на времето на ферментация и увеличено съдържание на летливи ароматични и съединения, по-специално бензалдехид и ацетон. Ферментирали продукти с този щам са били стабилни по време на хладилно

fermentation process of beverages produced from black chickpea and fermented with different strains of IBC (*Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* and *Lactobacillus plantarum*).

In contrast to studies in plant emulsions, Łopusiewicz et al., (2022) showed a decrease in a^* values of a lactic acid-like beverage made from pressed camelina (*Camelina sativa* L.) seeds fermented using a yoghurt starter (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*).

1.2. *Lactobacillus helveticus*
Lactobacillus helveticus, a gram-positive lactic acid bacteria, is an important probiotic that is widely distributed in various fermented foods such as yogurt and cheese and has significant stimulatory effects on human health.

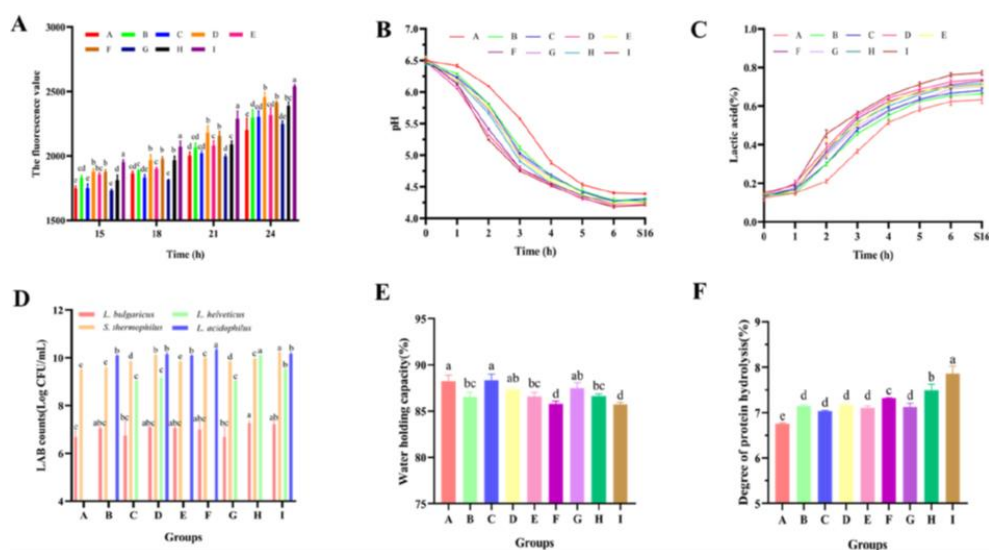
Due to its exceptional protein hydrolysis ability, this bacterium can accelerate cheese ripening and improve the taste of dairy products by hydrolyzing proteins (Begunova et al., 2021).

A number of researchers have shown that some bioactive peptides of *L. helveticus* can inhibit angiotensin-converting enzyme (ACE), a transmembrane zinc metalloproteinase that has been linked to hypertension (Seppo et al., 2003; Beermann and Hartung, 2013; Zoumpopoulou, 2016).

Lactobacillus helveticus and in particular the H9 strain has various advantages in lactic acid fermentation compared to standard starter cultures, such as shortened fermentation time and increased content of volatile aromatic and compounds, in particular benzaldehyde and acetone.

Products fermented with this strain were

съхранение за 28 дни при $t = 2-4^{\circ}\text{C}$ | stable during cold storage for 28 days at $t = 2-4^{\circ}\text{C}$ (Tingting et al., 2019).



Фиг. 1. (A) Съдържание на Al-2 в киселото мляко в различните групи. (B) pH на киселото мляко в различните групи. (C) Киселинност на киселото мляко в различните групи. (D) Брой жизнеспособни бактерии в киселото мляко в различните групи. (E) Водозадържаща способност на киселото мляко в различните групи. (F) Степен на протеинова хидролиза на киселото мляко в различните групи. (G) Степен на хидролиза на белтъците в киселото мляко в различните групи. (H) Протеинова хидролиза на кисело мляко в различните групи. a, b, c, d представляват значими разлики ($P < 0,05$) между различните групи кисели млека. S16 h: съхранявани при 4°C в продължение на 16 h. МКБ (LAB) = млечнокисели бактерии (Zhang et al., 2025)

Fig. 1. Determination of basic indexes of yogurt. (A) The Al-2 content of yogurt in different groups. (B) The pH of yogurt in different groups. (C) Acidity of yogurt in different groups. (D) Number of viable bacteria in yogurt in different groups. (E) Water-holding capacity of yogurt in different groups. (F) Degree of protein hydrolysis of yogurt in different groups. (G) Protein hydrolysis of yogurt in different groups. (H) Protein hydrolysis of yogurt in different groups. a, b, c, d represent significant differences ($P < 0.05$) between the different groups of yogurts. S16 h: stored at 4°C for 16 h. LAB = lactic acid bacteria (Zhang et al., 2025)

В скорошно проучване на Zhang et al., (2025) изследват ефекта на *luxS*, ключов ген за кворум сензор (QS), върху характерния вкус на киселото мляко и молекулярния му механизъм при коферментацията на кисело мляко с *L. acidophilus* CICC 6074 и *Lactobacillus helveticus* R0052.

In a recent study, Zhang et al., (2025) investigated the effect of *luxS*, a key quorum sensing (QS) gene, on the characteristic taste of yogurt and its molecular mechanism in yogurt cofermentation with *L. acidophilus* CICC 6074 and *Lactobacillus helveticus* R0052.

Използвайки плазмида pMG36e като вектор и използвайки технологията за редактиране на гени, авторите първоначално конструират щамове за свръхекспресия на гена *luxS* - *L. acidophilus* CICC6074- pMG36e-*luxS* и *L. helveticus* R0052-pMG36e-*luxS*. Тяхното въздействие върху качеството на киселото мляко, включително pH, титруема киселинност, брой жизнеспособни клетки, текстурата, капацитета за задържане на вода и хидролизата на протеините, е допълнително проучено и представено на Фигура 1.

Zhang et al., (2025) успяват успешно да конструират щамове за свръхекспресия на *L. acidophilus* CICC 6074-pMG36e-*luxS* и *L. Helveticus* R0052-pMG36e-*luxS*. Експресията на гена *luxS* е повишена съответно 2,25 пъти и 3,16 пъти. В сравнение с щамове от природата, киселото мляко, заквасено от *L. acidophilus* CICC6074-pMG36e-*luxS* и *L. helveticus* R0052 pMG36e-*luxS*, показва значително повишено съдържание на AI-2, киселинност, брой жизнеспособни клетки и хидролиза на протеини, докато pH, водозадържащата способност и твърдостта са значително понижени. Идентифицирани са общо 31 летливи ароматни вещества. Сред тях бензалдехидът, 2,4-диметилдibuтилфталатът и n-декановата киселина са идентифицирани като ключови диференциални ароматни вещества, медириани от гена *luxS*. Метаболомичният анализ показва, че генът *luxS* опростява продуцирането на органични киселини в киселото мляко чрез метаболизма на аргинина и пролина, метаболизма на фенилаланина и метаболизма на триптофана. С това проучване Zhang et al., (2025) подчертават важната роля на механизма *LuxS*/AI-2 QS при ферментацията на киселото мляко, допринасяйки за подобряване

Using the pMG36e plasmid as a vector and using gene editing technology, the authors initially constructed strains to overexpress the *luxS* gene, *L. acidophilus* CICC6074- pMG36e-*luxS* and *L. helveticus* R0052-pMG36e-*luxS*.

Their effects on yoghurt quality, including pH, titratable acidity, viable cell number, texture, water holding capacity and protein hydrolysis, are further investigated and presented in Figure 1.

Zhang et al., (2025) were able to successfully construct overexpression strains of *L. acidophilus* CICC 6074-pMG36e-*luxS* and *L. Helveticus* R0052-pMG36e-*luxS*. The expression of *luxS* gene was increased 2.25-fold and 3.16-fold, respectively. Compared with the wild-type strains, yogurt fermented by *L. acidophilus* CICC6074-pMG36e-*luxS* and *L. helveticus* R0052 pMG36e-*luxS* showed significantly increased AI-2 content, acidity, viable cell count and protein hydrolysis, while pH, water holding capacity and firmness were significantly decreased.

A total of 31 volatile aromatics were identified. Among them, benzaldehyde, 2,4-dimethyl-dibutylphthalate and n-decanoic acid were identified as key differential aromatics mediated by the *luxS* gene.

Metabolomic analysis shows that the *luxS* gene simplifies the production of organic acids in yoghurt through arginine and proline metabolism, phenylalanine metabolism and tryptophan metabolism. With this study, Zhang et al., (2025) highlighted the important role of the *LuxS*/AI-2 QS mechanism in the fermentation of yogurt, contributing to its quality improvement.

неговото качество.

1.3. *Lactobacillus acidophilus*
Lactobacillus acidophilus се характеризира като вид с висока способност за производство на екзополisahариди. Учени са провели изследване на *L. acidophilus* и неговите екзополisahариди върху множество здравословни функции, с изключение на ефекта срещу затлъстяването (Werning et al., 2022). Скорошно проучване на Zhao et al., (2025) на щам *Lactobacillus acidophilus* YL0 - нов щам, изолиран от традиционно китайско кисело мляко, показва много добри характеристики на растеж и инхибиращи амилазната/глюкозидазната активности чрез ин витро експеримент. Освен това неговите екзополisahариди са охарактеризирани и служат като основно съединение, отговорно за борба със затлъстяването и инсулиновата резистентност при затлъстели мишки, предизвикани от диета с високо съдържание на мазнини (Zhao et al., 2025).

Друго скорошно проучване (Davarzani et al., 2024) показва че постбиотиците от *L. acidophilus* притежават значителни антибактериални ефекти, които могат да увеличат стабилността и срока на годност на хранителните продукти, към които са добавени. По-високата активност при отстраняване на DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилхидразилрадикал) радикалите на постбиотиците в сравнение с обикновено кисело мляко показват функционалността на *L. acidophilus* и резултатите от експерименталния план върху плъхове показват, че използването на постбиотично кисело мляко може да намали значително нивото на LDL (лошият холестерол) в кръвния серум ($P < 0.05$) и следователно да бъде от значение за здравето на сърцето. Освен това е

1.3. *Lactobacillus acidophilus*
Lactobacillus acidophilus is characterised as a species with a high capacity for exopolysaccharide production. Scientists have conducted research on *L. acidophilus* and its exopolysaccharides on multiple health functions, with the exception of the effect against obesity (Werning et al., 2022).

A recent study by Zhao et al., (2025) on *Lactobacillus acidophilus* strain YL0-a novel strain isolated from traditional Chinese yogurt showed very good growth characteristics and inhibitory amylase/glucosidase activities by in vitro experiment.

Furthermore, its exopolysaccharides have been characterized and serve as a major compound responsible for combating obesity and insulin resistance in obese mice induced by a high-fat diet (Zhao et al., 2025).

Another recent study (Davarzani et al., 2024) showed that postbiotics from *L. acidophilus* have significant antibacterial effects that can increase the stability and shelf life of the food products to which they are added.

The higher DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) radical scavenging activity of postbiotics compared to plain yogurt indicates the functionality of *L. acidophilus*, and the results of the experimental design on rats suggest that the use of postbiotic yogurt may significantly reduce the level of LDL (bad cholesterol) in blood serum ($P < 0.05$) and therefore be relevant to heart health.

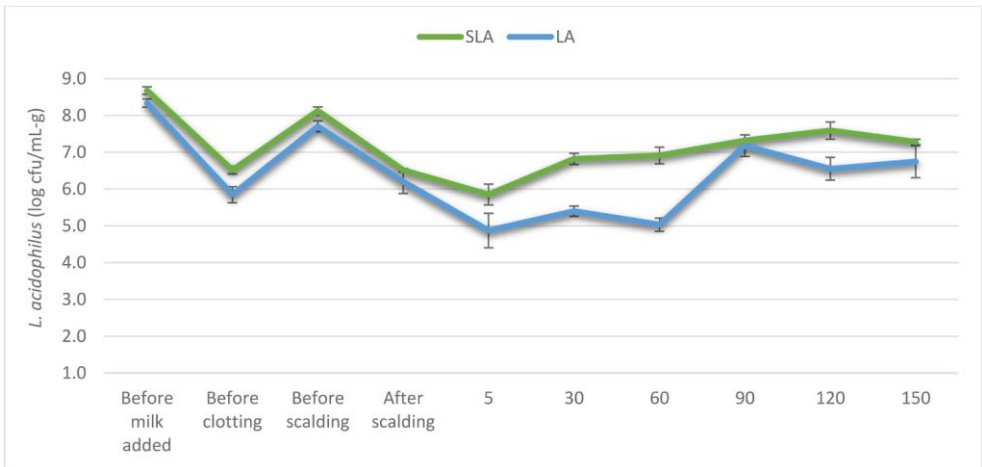
Furthermore, any potential long-term adverse effects on human health need to

необходимо да се вземат предвид всички потенциални дългосрочни неблагоприятни ефекти върху човешкото здраве (Davarzani et al., 2024).

Брой на *L. acidophilus* ATCC 4356 в сирената Kasar по време на производството на сирене периода на производство и зреене са показани на Фигура 2.

be considered (Davarzani et al., 2024).

The number of *L. acidophilus* ATCC 4356 in Kasar cheeses during the cheese production period of manufacture and ripening are shown in Figure 2.



Фиг. 2. Брой на *L. acidophilus* ATCC 4356 по време на производството и зреенето (ден) на сирената Касар. SLA: пастьоризирано чрез добавяне на стартерна култура и *L. acidophilus*, LA: пастьоризирано чрез добавяне на *L. acidophilus* (Gürmeriç et al., 2024)

Fig. 2. *L. acidophilus* ATCC 4356 counts during manufacturing and ripening (day) of Kasar cheeses. SLA: pasteurized by adding starter culture and *L. acidophilus*, LA: pasteurized by adding *L. acidophilus* (Gürmeriç et al., 2024)

Gürmeriç et al., (2024) установяват броя на *L. acidophilus* ATCC 4356 в сирената Kasar по време на производството на сиренето и периодите на зреене, показани на Фигура. 2. По време на производството на сирене Kasar броят на *L. acidophilus* ATCC 4356 варира от 5,85 до 8,68 log cfu/mL-g. Броят на *L. acidophilus* ATCC 4356 намалява средно с 2,33 log cfu/mL след инокулиране в млякото. От периода преди инкубацията до изпарването броят на пробиотиците се е увеличил средно с 1,74 log cfu/g. След като сирената Kasar са изпарени,

Gürmeriç et al., (2024) detected the number of *L. acidophilus* ATCC 4356 in Kasar cheese during cheese production and the ripening periods shown in Figure 2.

During the production of Kasar cheese, the number of *L. acidophilus* ATCC 4356 ranged from 5.85 to 8.68 log cfu/mL-g.

The number of *L. acidophilus* ATCC 4356 decreased by an average of 2.33 log cfu/mL after inoculation into the milk. From the pre-incubation period to farrowing, probiotic counts increased by an average of 1.74 log cfu/g.

броят на *L. acidophilus* ATCC 4356 намаля средно с 1,57 log cfu/g. В заключение на откритието, групата учени твърдят, че броят на пробиотичните бактерии в SLA се увеличава за по-кратко време в сравнение с LA. Може да се каже, че използването на *L. acidophilus* със стартерна култура влияе върху броя на пробиотичните бактерии в сиренето по време на зреенето (Gürmeriç et al., 2024).

2. Под *Streptococcus*

L. delbrueckii subsp. bulgaricus, обсъден по-горе, и *Streptococcus thermophilus* - видове, които често се използват като стартерни култури за производство на кисело мляко (Aryana and Olson, 2017), показват най-добра адаптивност при всички растителни среди, както и най-висока вътревидова вариабилност.

S. thermophilus е грам-положителна, факултативно анаеробна бактерия със сферична или яйцевидна форма, която обикновено се среща по двойки или във вериги, като колонии са малки, с гладка бяла или жълтеникава повърхност (Miclo et al., 2012). *S. thermophilus* е един от основните щамове на млечните ферментатори и се счита за втория по важност промишлен млечен ферментатор (Adolfsson et al., 2004; Iyer et al., 2010). Той е една от най-важните в търговско отношение хомоферментативни млечнокисели бактерии и единственият вид *Streptococcus*, широко използван при ферментацията на мляко, където често се използва като стартер за кисело мляко заедно с *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Iyer et al., 2010; Xia et al., 2023; Zhao et al., 2023). *S. thermophilus* е единственият щам млечнокисела бактерия, за който е доказано, че произвежда уреаза, която може да осигури източник на азот за бактериалния растеж по време на ферментацията (Zotta et al., 2008).

After the Kasar cheeses were evaporated, the number of *L. acidophilus* ATCC 4356 decreased by an average of 1.57 log cfu/g. Concluding the discovery, the group of scientists claimed that the number of probiotic bacteria in SLA increased in a shorter time compared to LA. It can be said that the use of *L. acidophilus* with starter culture affects the number of probiotic bacteria in cheese during ripening (Gürmeriç et al., 2024).

2. Genus *Streptococcus*

L. delbrueckii subsp. bulgaricus, discussed above, and *Streptococcus thermophilus*, species commonly used as starter cultures for yogurt production (Aryana and Olson, 2017), show the best adaptability in all plant environments, as well as the highest intraspecific variability.

S. thermophilus is a gram-positive, facultatively anaerobic bacterium with a spherical or ovoid shape that usually occurs in pairs or chains, with small colonies with a smooth white or yellowish surface (Miclo et al., 2012).

S. thermophilus is one of the major strains of lactic acid fermenters and is considered the second most important industrial lactic acid fermenter (Adolfsson et al., 2004; Iyer et al., 2010).

It is one of the most commercially important homofermentative lactic acid bacteria and the only *Streptococcus* species widely used in milk fermentation, where it is often used as a starter for yoghurt together with *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (Iyer et al., 2010; Xia et al., 2023; Zhao et al., 2023).

S. thermophilus is the only lactic acid bacteria strain that has been shown to produce urease, which can provide a source of nitrogen for bacterial growth during fermentation (Zotta et al., 2008).

Съобщава се, че степента на подкисляване и броят на жизнеспособните клетки във ферментиралото мляко са силно намалени в условия на недостиг на уреазата, така че уреазата е много важна за растежа на *S. thermophilus* във ферментиралото мляко (Yamauchi et al., 2019). Различните щамове на *S. thermophilus* имат различни производствени характеристики и изисквания към хранителните вещества (Cui et al., 2016). Установено е, че *Streptococcus thermophilus* облекчава симптомите на непоносимост към лактоза и има потискащ ефект върху растежа на тумори (Li et al., 2021), а екзополисахаридът, произведен от *S. thermophilus*, може да регулира човешката имунна система и показва противовъзпалително и бактерицидно действие (Linares et al., 2017).

Скорошни изследвания на щам *S. Thermophilus* C4 установяват, че има по-висок процент на растеж в лактоза от колкото в галактоза и има по-кратък период на латентност. Определя се също, че друг щам- *S. thermophilus* S3 има най-висок процент на използване на лактоза в среда, в която източникът на въглехидроходи е лактоза (Song et al., 2022 ; Su et al., 2017). По-високите концентрации на лактоза могат да повишат скоростта на гликолизата, осигурявайки енергия за растежа. Въпреки това, прекалено високите нива на лактоза могат да доведат до обратна регулация от междинни продукти и метаболити на гликолизата, което може да повлияе негативно на растежа. По този начин концентрацията на лактоза трябва да се оптимизира в диапазон, който да балансира производството на лактат и клетъчната поносимост (Bendig et al., 2023; Gasser et al., 2024).

В споменатото по-горе изследване (Monica et al., 2025) резултати от култивация в различни растителни

It has been reported that the degree of acidification and the number of viable cells in fermented milk are severely reduced under urease-deficient conditions, so urease is very important for the growth of *S. thermophilus* in fermented milk (Yamauchi et al., 2019).

Different strains of *S. thermophilus* have different production characteristics and nutrient requirements (Cui et al., 2016).

Streptococcus thermophilus has been found to alleviate symptoms of lactose intolerance and have a suppressive effect on tumor growth (Li et al., 2021), and the exopolysaccharide produced by *S. thermophilus* can regulate the human immune system and shows anti-inflammatory and bactericidal effects (Linares et al., 2017)

Recent studies of *S. Thermophilus* strain C4 found that it has a higher growth rate in lactose than in galactose and has a shorter latency period. Another strain- *S. thermophilus* S3 has also been determined to have the highest lactose utilization rate in environments in which the hydrocarbon source is lactose (Song et al., 2022 ; Su et al., 2017).

Higher lactose concentrations can increase the rate of glycolysis, providing energy for growth.

However, excessively high levels of lactose can lead to feedback regulation by glycolysis intermediates and metabolites, which can negatively affect growth.

Thus, lactose concentration should be optimized within a range that balances lactate production and cellular tolerance (Bendig et al., 2023; Gasser et al., 2024).

In the study mentioned above (Monica et al., 2025), the best performing strain was *S. thermophilus* 410 in the

среди най-добре представилите се шам е *S. thermophilus* 410.

Скорошно проучване изследва регулиращите механизми, отговарящи за синтеза на екзополisahариди при шам *S. thermophilus* CS6 чрез метода на сравнителния транскриптом и диференциалния въглехидратен метаболизъм. Продуцирането на антиоксидантни екзополisahариди от *S. thermophilus* CS6 е зависимо от регулацията на клъстерите на галактозния метаболизъм и екзополisahаридния. Настоящото проучване препоръчва нов подход за подобряване на продуцирането на екзополisahариди чрез транскриптомно регулиране за по-нататъшното им приложение в хранително-вкусовата промишленост и здравеопазването. (Yang et al., 2022).

Редица учени са изследвали шам *S. thermophilus* S10, известен с добрите си ферментационни характеристики, високата скорост на продуциране на млечна киселина, пробиотичните свойства (Bae et al., 2016). Други изследователи са установили, че соевото мляко, ферментирало със S10 в комбинация с *L. plantarum* P8, има по-ниски нива на ароматични вещества на соева основа и придава на ферментиралото мляко отличителен аромат в сравнение с търговските ферментирани млека от други суровини (Guo et al., 2020). Скорошни изследвания също показват, че S10 проявява отлични ферментационни характеристики, включително продуциране на млечна киселина, вискозитет, като допринася за отличителния вкус на ферментиралото мляко като монокултура и в комбинации (Li et al., 2022; Bai et al., 2024). Ново изследване на Zhou et al., (2025) установява помощта на еднофакторни експерименти и чрез методология на реагиращата повърхност (RSM) са определили оптималните условия за

results of cultivation in different growth media

A recent study investigated the regulatory mechanisms responsible for exopolysaccharide synthesis in *S. thermophilus* strain CS6 using the comparative transcriptome and differential carbohydrate metabolism method.

The production of antioxidant exopolysaccharides by *S. thermophilus* CS6 is dependent on the regulation of the galactose metabolism and exopolysaccharide metabolism clusters. The present study recommends a novel approach to improve exopolysaccharide production by transcriptome regulation for their further application in food and healthcare (Yang et al., 2022).

A number of scientists have studied *S. thermophilus* strain S10, known for its good fermentation characteristics, high lactic acid production rate, probiotic properties (Bae et al., 2016).

Other researchers have found that soy milk fermented with S10 in combination with *L. plantarum* P8 has lower levels of soy-based flavour compounds and imparts a distinctive flavour to the fermented milk compared to commercial fermented milks from other raw materials (Guo et al., 2020).

Recent studies have also shown that S10 exhibits excellent fermentation characteristics, including lactic acid production, viscosity, contributing to the distinctive flavor of fermented milk as a monoculture and in combinations (Li et al., 2022; Bai et al., 2024).

A new study by Zhou et al., (2025) established using single-factor experiments and through response surface methodology (RSM) they determined the optimal fermentation conditions and the optimal environment

ферментация и оптималната среда за *S. thermophilus* S10. В същото изследване, чрез оптимизиране на температурата на инкубиране и валидиране на няколко индикатора, е определена оптималната температура на инкубиране- 38°C. Авторите считат, че тези резултати предоставят референтна стойност за определяне на състава на средата за култивиране и температурата на инкубиране за използване на S10 както в експериментални изследвания, така и в производствени условия. (Zhou et al., 2025). Резултатите от изследването им са представени на Фигура 3. Подобно на техните резултати, предишни проучвания показват, че по отношение на микроелементите основните изисквания на друг щам- *S. thermophilus* MN-ZLW-002(ST-MZ-2) са Mg^{2+} и Ca^{2+} следвани от Mn^{2+} (Liu et al., 2018).

3. Под *Lactcaseibacillus*

3.1. *Lactcaseibacillus paracasei*

Lactcaseibacillus paracasei е вид с потенциално пробиотични функции, свързани с групата *Lactcaseibacillus* (*L. paracasei* и *L. rhamnosus*) (Huang, 2018). *Lactcaseibacillus paracasei* намира широко приложение при производството на пробиотици и ферментирали млечни продукти. Открива се в човешкия стомашно-чревен тракт и устната кухина (Hill, 2018; Ju, 2009). Доказано е, че *Lactcaseibacillus paracasei* присъстват в червата на бозайниците (Ahmed, 2019; Xu, 2019) и се открива в много ферментирали храни (Sornsenee, 2021; Liu, 2020). Известно е, че се използват широко в стартерни култури за млечни продукти, често за подобряване на вкуса и текстурата на продуктите, както и здравните ползи от приема им (Huang, 2018; Hill, 2018).

for *S. thermophilus* S10.

In the same study, by optimizing the incubation temperature and validating several indicators, the optimal incubation temperature- 38°C was determined.

The authors believe that these results provide a reference for determining culture medium composition and incubation temperature for the use of S10 in both experimental studies and production conditions (Zhou et al., 2025).

The results of their study are presented in Figure 3. Similar to their results, previous studies showed that in terms of trace elements, the main requirements of another strain- *S. thermophilus* MN-ZLW-002(ST-MZ-2) were Mg^{2+} and Ca^{2+} followed by Mn^{2+} (Liu et al., 2018).

3. *Lactcaseibacillus* Genus

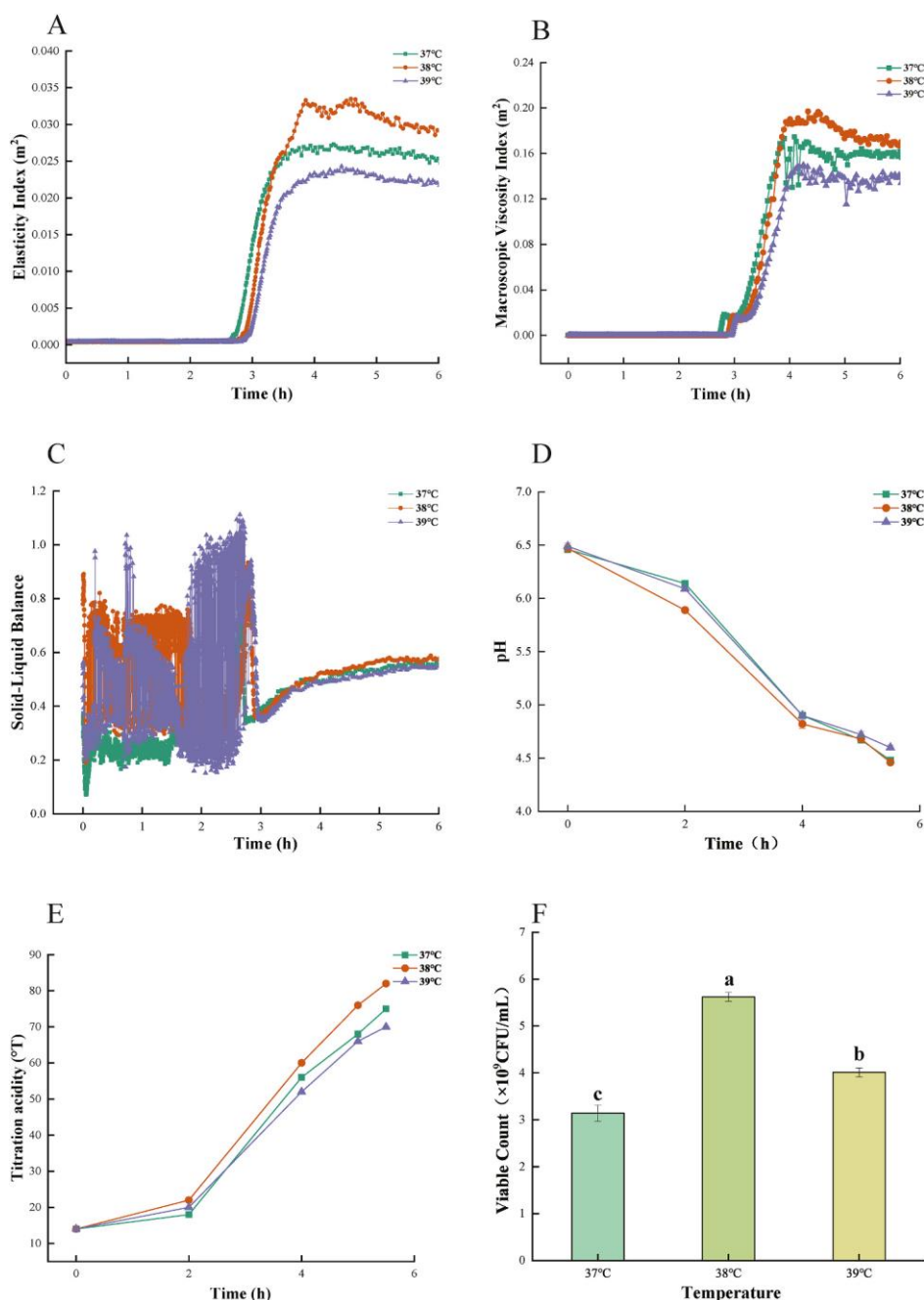
3.1. *Lactcaseibacillus paracasei*

Lactcaseibacillus paracasei is a species with potentially probiotic functions related to the *Lactcaseibacillus* group (*L. paracasei* and *L. rhamnosus*) (Huang, 2018).

Lactcaseibacillus paracasei finds wide application in the production of probiotics and fermented dairy products. It is found in the human gastrointestinal tract and oral cavity (Hill, 2018; Ju, 2009).

Lactcaseibacillus paracasei has been shown to be present in the mammalian gut (Ahmed, 2019; Xu, 2019) and is found in many fermented foods (Sornsenee, 2021; Liu, 2020).

It's used extensively in starter cultures for dairy products, often to improve the taste and texture of the products as well as the health benefits of their intake (Huang, 2018; Hill, 2018).



Фиг. 3. Сравнение на ферментацията на кисело мляко от *Streptococcus thermophilus* S10 при различни температури на инкубиране. (A) Промени в индекса на еластичност. (B) Промени в индекса на макроскопичния вискозитет. (C) Промени в баланса между твърдо и течено вещество. (D) Промени в pH. (E) Промени в титруемата киселинност (ТА). (F) Брой на жизнеспособните бактерии във ферментиралото мляко (Zhou et al., 2025)

Fig. 3. Comparison of yogurt fermentation by *Streptococcus thermophilus* S10 between different incubation temperatures. (A) Changes in elasticity index. (B) Changes in macroscopic viscosity index. (C) Changes in solid-liquid balance. (D) Changes in pH. (E) Changes in titratable acidity (TA). (F) Viable bacterial counts of fermented milk (Zhou et al., 2025)

Учени са изолирали потенциални пробиотични клетки *Lactocaseibacillus paracasei* от зърна кефир и са ги приложили при производството на сирене тип "фета" (Mantzourani, 2018).

Използва се в стартерни култури за интензификация и ускоряване развитието на вкусовите и ароматни характеристики (Reale et al., 2016) във ферментирани млечни продукти и за тяхното пробиотично действие (Reale et al., 2015).

Lactocaseibacillus paracasei (известен и със старото си таксономично име *Lactobacillus casei*) Shirota (LcS) е такъв пробиотик, за който в множество проучвания е доказано, че оцелява при преминаване през стомашно-чревния тракт на няколко различни човешки раси и етноси (Yuki et al. 1999; Tuohy et al. 2007; Sakai et al. 2010; Tiengrim et al. 2012; Utami et al. 2015; Wang et al. 2015; Mai et al. 2017; Cox et al. 2019; Khine et al. 2019).

Доказано е, че растежът на *Lactocaseibacillus paracasei* изисква разнообразни хранителни вещества, които включват аминокиселини, витамини, метални йони, буфери и други съединения (Aller et al., 2014).

Проучвания са доказали, че захарозата е най-добрият въглероден източник при производството на млечна киселина, също и за растежа на *Lactocaseibacillus paracasei* (Behbahani and al., 2016). Добавянето на Mn^{2+} може да увеличи толерантността му на *Lactocaseibacillus paracasei* към киселата среда, като по този начин се увеличава скоростта на ферментация (Ricciardi and al., 2018).

В последно време бяха разработени и приложени различни щамове на *Lactocaseibacillus*, като *Lactocaseibacillus paracasei* YIT 9029, ферментирани соево мляко (Kaga et al., 2024), плодове и зеленчуци,

Scientists have isolated potential probiotic *Lactocaseibacillus paracasei* cells from kefir grains and applied them to the production of feta cheese (Mantzourani, 2018).

It is used in starter cultures to intensify and accelerate the development of flavor and aroma characteristics (Reale et al., 2016) in fermented dairy products and for their probiotic action (Reale et al., 2015).

Lactocaseibacillus paracasei (also known by its old taxonomic name *Lactobacillus casei*) Shirota (LcS) is one such probiotic that has been shown in multiple studies to survive passage through the gastrointestinal tract of several different human races and ethnicities (Yuki et al. 1999; Tuohy et al. 2007; Sakai et al. 2010; Tiengrim et al. 2012; Utami et al. 2015; Wang et al. 2015; Mai et al. 2017; Cox et al. 2019; Khine et al. 2019).

Growth of *Lactocaseibacillus paracasei* has been shown to require a variety of nutrients that include amino acids, vitamins, metal ions, buffers, and other compounds (Aller et al., 2014).

Studies have shown that sucrose is the best carbon source in lactic acid production, also for the growth of *Lactocaseibacillus paracasei* (Behbahani et. al., 2016). Addition of Mn^{2+} can increase its tolerance of *Lactocaseibacillus paracasei* to acidic medium, thus increasing the fermentation rate (Ricciardi et. al., 2018).

Recently, different strains of *Lactocaseibacillus* such as *Lactocaseibacillus paracasei* YIT 9029 have been developed and applied fermenting soy milk (Kaga et al., 2024), fruits and vegetables, vegetable juices,

зеленчукови сокове, месо, хляб (Pinto, 2020; Nguyen, 2019).

Освен това, учени са установили, че *Lactocaseibacillus paracasei* Shirota намалява образуването на биофилм от *Streptococcus mutans* върху повърхностите на зъбите чрез намаляване на ацидогенността на биофилма и лезията на емайла в дълбочина, за да се предотврати образуването на кухина (Yadav et al., 2014).

Проучването на Cox et al., (2019) показва, че жизнеспособни пробиотични бактерии *L. paracasei* Shirota се възстановяват в изпражненията на представителна популация от общо взето здрави възрастни в САЩ след ежедневна консумация на ферментирала млечна напитка в продължение на 14 дни, която също така се понася добре. Тези констатации показват оцеляването на LcS в стомашно-чревния тракт на тази популация, което е в съответствие с изследванията, проведени в Азия, Европа и Австралия, включващи напитки от ферментирало мляко, съдържащи LcS.

3.2. *Lactocaseibacillus rhamnosus*

Учени са установили, че *Lactocaseibacillus rhamnosus* е генетично свързан с *Lactocaseibacillus casei* (Rodriguez et al., 2023). Той е често срещана висококачествена млечнокисела бактерия, която е широко разпространена в стомашно-чревния тракт и репродуктивните пътища на бозайниците, ферментиралите млечни продукти и коренищата на растенията (Ito et al., 2021; Patel et al., 2021). Установен е като един от най-изследваните пробиотици в клинични изпитвания и притежава силна способност да се развива в червата и да понася на храносмилателната среда (Drago et al., 2020; Yin et al., 2021). Той може да

meat, bread (Pinto, 2020; Nguyen, 2019).

Furthermore, researchers have found that *Lactocaseibacillus paracasei* Shirota reduces biofilm formation by *Streptococcus mutans* on tooth surfaces by reducing biofilm acidogenicity and enamel lesion in depth to prevent cavity formation (Yadav et al., 2014)

The study by Cox et al., (2019) showed that viable probiotic bacteria *L. paracasei* Shirota recovered in the stool of a representative population of generally healthy US adults after daily consumption of a fermented milk drink for 14 days, which was also well tolerated.

These findings indicate the survival of LcS in the gastrointestinal tract of this population, which is consistent with studies conducted in Asia, Europe and Australia involving fermented milk drinks containing LcS.

3.2. *Lactocaseibacillus rhamnosus*

Scientists have found that *Lactocaseibacillus rhamnosus* is genetically related to *Lactocaseibacillus casei* (Rodriguez et al., 2023).

It is a common high-quality lactic acid bacterium that is widely distributed in the gastrointestinal tract and reproductive tracts of mammals, fermented dairy products, and plant rhizomes (Ito et al., 2021; Patel et al., 2021).

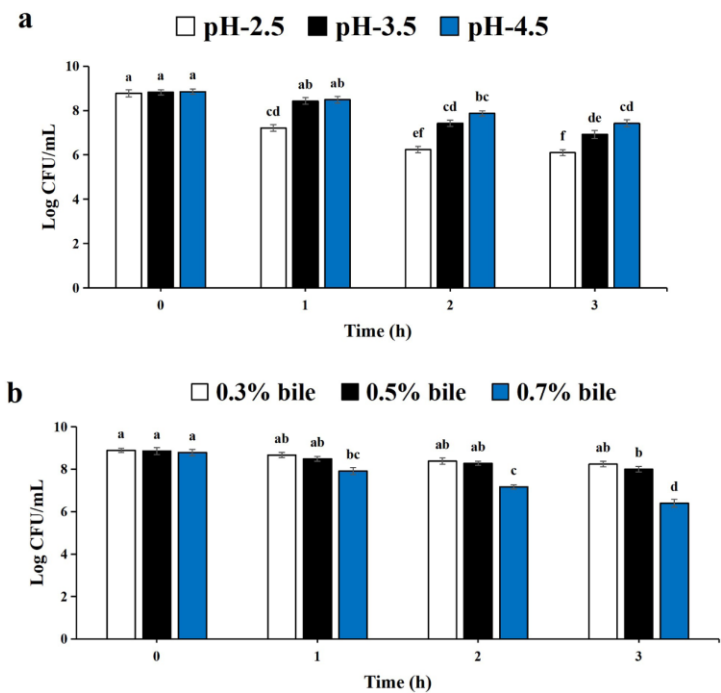
It has been identified as one of the most studied probiotics in clinical trials and has a strong ability to grow in the gut and tolerate the digestive environment (Drago et al., 2020; Yin et al., 2021).

It can enter the body with a high survival

навлезе в организма с висока степен на преживяемост и да играе роля за повишаване на имунитета на организма, подобряване на липидния метаболизъм и позитивно въздействие върху нервната система на гостоприемника (Olimpio et al., 2022; Park et al., 2018; Sabbatini et al., 2020). Благодарение на пробиотичните си качества *Lactacaseibacillus rhamnosus* е привлякъл голямо внимание както в областта на научните изследвания, така и в търговското производство (Su et al., 2025).

rate and play a role in enhancing host immunity, improving lipid metabolism and positively impacting the host nervous system (Olimpio et al., 2022; Park et al., 2018; Sabbatini et al., 2020).

Due to its probiotic properties, *Lactacaseibacillus rhamnosus* has attracted much attention in both research and commercial production (Su et al., 2025).



Фиг. 4. Преживяемост (логаритъм колоноформиращи единици на милилитър (CFU/mL) на *Lactacaseibacillus rhamnosus* SMHA30 в зависимост от различните: (а) нива на киселинно рН и (б) концентрации на жлъчката. Пробите, които са обозначени с различни букви, показват значителни разлики при $p \leq 0,05$. (Behbahani et al. 2025)

Fig. 4. Survival (log colony forming unit (CFU/mL) of *Lactacaseibacillus rhamnosus* SMHA30 was assessed in relation to different (a) acidic pH levels and (b) bile concentrations. Samples that are labeled with different letters indicate significant differences at $p < 0.05$. (Behbahani et al. 2025)

Скорошно проучване твърди, че *L. rhamnosus* се използва в търговската мрежа при разработването на пробиотични продукти. (Behbahani et al., 2025). Авторите изследват различни функционалности на щам, като например неговите пробиотични свойства, антибактериална активност, преживяемост в различна кисела среда, показана на Фигура 4a,b.

Behbahani et al., (2025) твърдят, че *L. rhamnosus* SMHA30 проявява значителен пробиотичен потенциал, характеризира се с висока клетъчна жизнеспособност при вариращи pH среди, както и със стабилни способности за адхезия и агрегация. Щамът ефективно инхибира *L. monocytogenes*. Освен това той притежава забележителни антиоксидантни свойства и значителен антираков ефект срещу множество клетъчни линии. Със степен на асимиляция на холестерола от 52,95 %, *L. rhamnosus* SMHA30 може да допринесе за липидния метаболизъм. В обобщение, щамът *L. rhamnosus* SMHA30 представлява обещаващ кандидат за разработване на пробиотици и стратегии, насочени към управление на биофилма, заслужаващ по-нататъшно проучване.

В друго скорошно проучване Su et al., (2025) изследват 54 щам на *Lactocaseibacillus rhamnosus* с потенциални пробиотични свойства (Фигура. 5), като от тях се откроява щам X9C17, който има най-добра преживяемост след разграждане в симулиран стомашен сок за 3 часа (81,08%), което е значително по-високо от другите щамове *Lactocaseibacillus rhamnosus* и контролния щам ($P < 0,05$), което показва, че той има силна толерантност към стомашен сок. Процентът на преживяемост е 54% (4 часа след смилане на чревния сок) и 48% (8 часа след смилане на чревния сок).

A recent study claims that *L. rhamnosus* is used commercially in the development of probiotic products (Behbahani et al., 2025).

The authors investigated various functionalities of the strain such as its probiotic properties, antibacterial activity, survival in different acidic environments shown in Figure 4 a,b.

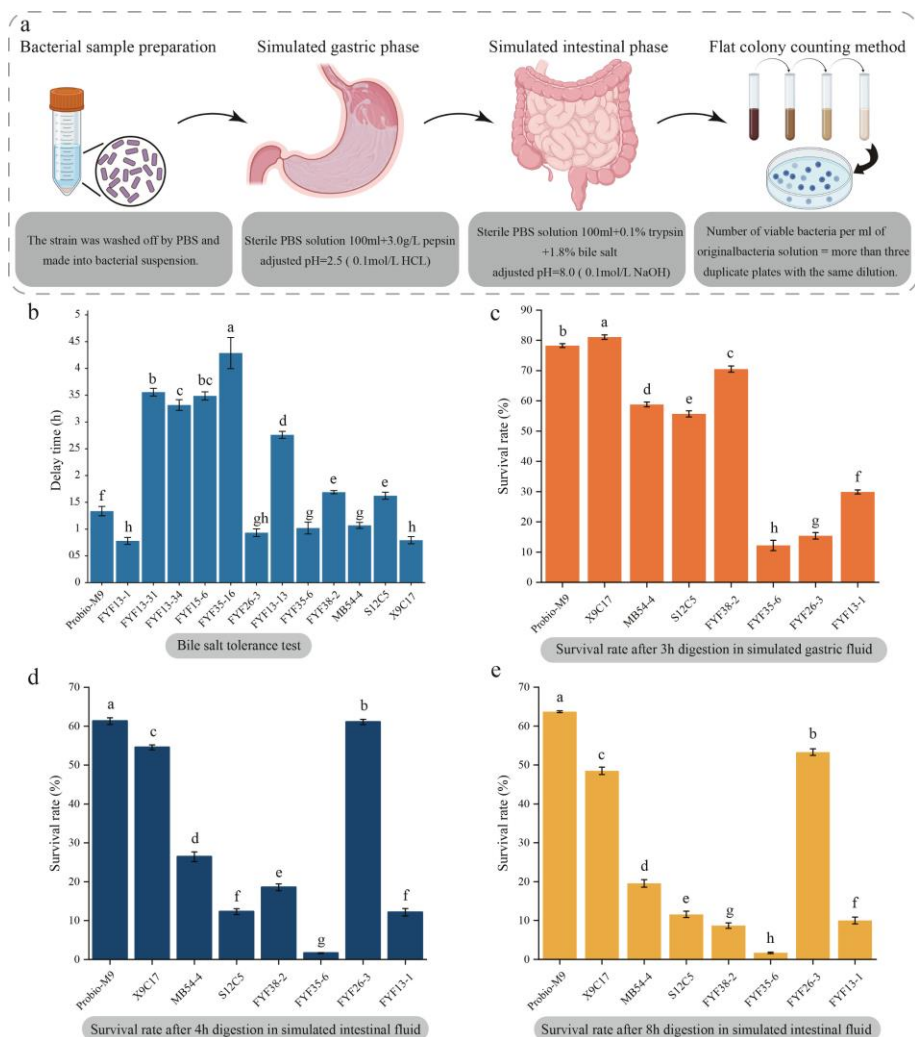
Behbahani et al., (2025) claim that *L. rhamnosus* SMHA30 exhibits significant probiotic potential characterized by high cell viability at varying pH environments, and with stable adhesion and aggregation capabilities.

The strain effectively inhibits *L. monocytogenes*. Furthermore, it possesses remarkable antioxidant properties and significant anticancer effect against multiple cell lines.

With a cholesterol assimilation rate of 52.95%, *L. rhamnosus* SMHA30 can contribute to lipid metabolism. In summary, the *L. rhamnosus* SMHA30 strain represents a promising candidate for the development of probiotics and strategies targeting biofilm management worthy of further investigation.

In another recent study, Su et al. (2025) investigated 54 strains of *Lactocaseibacillus rhamnosus* with potential probiotic properties (Figure 5), and of these, strain X9C17 stood out as having the best survival after digestion in simulated gastric juice for 3 h (81.08%), which was significantly higher than the other strains of *Lactocaseibacillus rhamnosus* and control strain ($P < 0.05$), indicating that it has a strong tolerance to gastric juice.

The survival rate was 54% (4 hours after digestion of intestinal juice) and 48% (8 hours after digestion of intestinal juice).



Фиг. 5. Оценка на 54 щам *Lactobacillus rhamnosus* с потенциални пробиотични свойства. а: симулиране на блок-схемата на скрининговия тест с изкуствена стомашно-чревна течност; б: хистограма на времето на забавяне на киселинно-толерантните щамове, растящи при 0,3 % концентрация на жлъчни соли; с: преживяемост при симулирано смилане на стомашен сок за 3 ч; д: преживяемост при симулирано смилане на чревен сок за 4 ч; е: преживяемост при симулирано смилане на чревен сок за 8 ч. Грешките представляват стандартното отклонение.

Fig. 5. Evaluation of 54 *Lactobacillus rhamnosus* strains with potential probiotic properties. a: simulating the flow chart of artificial gastrointestinal fluid screening test; b: delay time histogram of acid-tolerant strains growing at 0.3 % bile salt concentration; c: survival rate under simulated gastric juice digestion for 3 h; d: survival rate under simulated intestinal juice digestion for 4 h; e: survival rate under simulated intestinal juice digestion for 8 h. Error bars represent SD.

В резултат на отличната толерантност към стомашните сокове на *Lactocaseibacillus rhamnosus* X9C17 е избран като потенциален пробиотик за по-нататъшно проучване. X9C17 показва отлична толерантност към стомашно-чревния тракт и има силен потенциал за чревна адхезия, антиоксидация и бактериостаза, също и чрез дедукция на високи концентрации на аминокиселини, необходими на човешкия организъм, като аспарагинова киселина и пролин. В същото време той може да ферментира млечни продукти и да придаде на ферментиралото мляко уникален вкус и аромат и ефективно укрепване на здравето, което има голям потенциал за развитие и пространство в областта на производството на пробиотични микробни препарати и функционални ферментирани храни. (Su et al., 2025)

Проучване на Lu et al., (2025) представя нова техника за оцветяване, която позволява разграничаването на *L. rhamnosus* и *S. xylosus* в микросфери, капсулирани с натриев алгинат, което позволява ясна идентификация на щама, без да се нарушава структурната цялост на натриевия алгинат. Съвместната ферментация в свински бульон довежда до значително увеличение на органичните киселини (млечна и оцетна), необходимите аминокиселини (глутаминова и глицин) и летливите съединения (изофорон, 1-октанол и бензалдехид), които колективно подобряват сензорните характеристики като киселинност, умами и аромат. Тези промени допринасят за подобряване както на хранителната стойност, така и на вкусовия профил на свинския бульон. Освен това капсулирането с натриев алгинат, Lu et al., (2025) откриват възможност да се запази жизнеспособността на пробиотика по

As a result of its excellent tolerance to gastric juices, *Lactocaseibacillus rhamnosus* X9C17 was selected as a potential probiotic for further investigation.

X9C17 has shown excellent tolerance to the gastrointestinal tract and has strong potential for intestinal adhesion, antioxidation and bacteriostasis, also through the deduction of high concentrations of amino acids required by the human body, such as aspartic acid and proline.

At the same time, it can ferment dairy products and give fermented milk a unique taste and flavor and effectively strengthen health, which has great development potential and space in the field of probiotic microbial preparations and functional fermented foods production. (Su et al., 2025)

A study by Lu et al., (2025) presents a novel staining technique that allows differentiation of *L. rhamnosus* and *S. xylosus* in sodium alginate-encapsulated microspheres, allowing clear strain identification without compromising the structural integrity of the sodium alginate.

Co-fermentation in porcine broth resulted in a significant increase in organic acids (lactic and acetic), essential amino acids (glutamic and glycine) and volatile compounds (isophorone, 1-octanol and benzaldehyde), which collectively improve sensory characteristics such as acidity, umami and aroma.

These changes contribute to improving both the nutritional value and the flavour profile of the pork broth.

Furthermore, encapsulation with sodium alginate, Lu et al., (2025) found an opportunity to maintain probiotic viability during prolonged fermentation, and

време на продължителната ферментация, а взаимодействията между капсулираните щамове допълнително обогатяват хранителните и сензорните качества на свинския бульон. Тези констатации подчертават потенциала на новата техника за оцветяване и капсулирането на натриев алгинат (Lu et al., 2025).

4. Род *Lactococcus*

Установено е, че *Lactococcus lactis* играе важна роля за регулирането на чревния микроекологичен баланс на животните и за подобряване на имунната защита на гостоприемника (Wu et al., 2023). Репутацията му като безопасна хранителна добавка и ролята му в хранителната ферментация го превръщат в широко приет безопасен микроорганизъм и обещаващ пробиотик поради възможните му здравни предимства (Pessione, 2012; Song et al., 2017; Behbahani and Noshad, 2024). *L. lactis* е известен със своя икономически важен принос за производството на ваксини, ферментацията на мляко и обогатяването на фуражи (Wu et al., 2023). Учени са установили, че *L. lactis* е пробиотичен вид и е признат за естествен кандидат за заместване на антибиотиците, използвани обикновено за лечение на бактериални инфекции при хората и животните (Rabetafika et al., 2023).

Скорошно проучване на Maaty et al., (2025) изследва пробиотичния потенциал на осем изолата на *L. lactis* MSH-08, които се вземат от традиционни млечни продукти, като е дадена оценка на устойчивостта му към жлъчни сокове, рН и NaCl, както и на антимикробните (Фигура 6), антиоксидантните и противораковите му качества.

interactions between encapsulated strains further enrich the nutritional and sensory qualities of pork broth.

These findings highlight the potential of the new technique for the staining and encapsulation of sodium alginate (Lu et al., 2025).

4. Genus *Lactococcus*

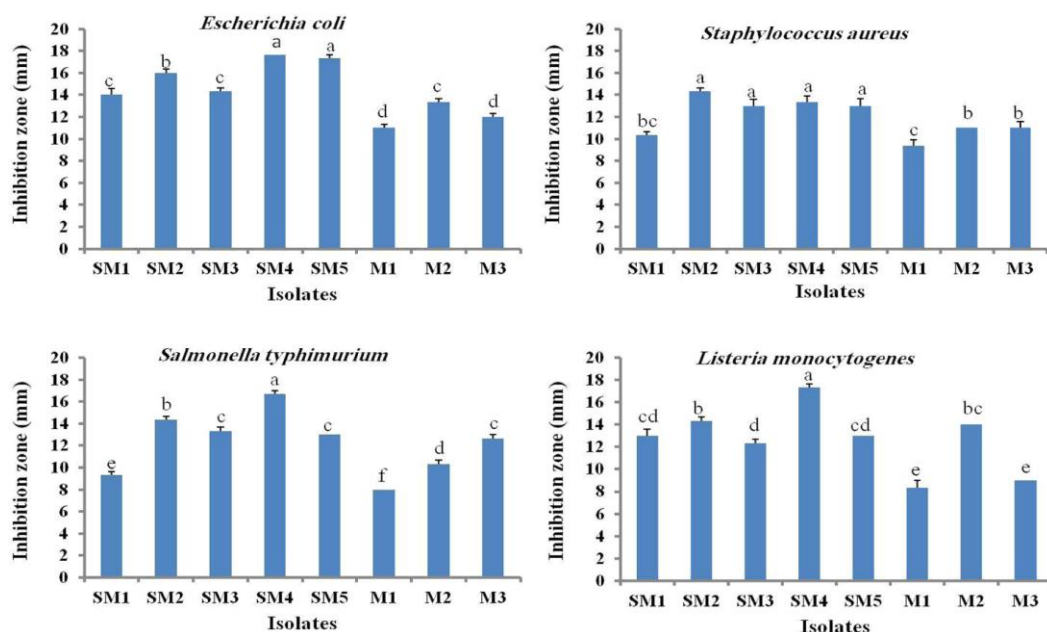
Lactococcus lactis has been found to play an important role in regulating the intestinal microecological balance of animals and in improving host immune defense (Wu et al., 2023).

Its reputation as a safe food additive and its role in nutrient fermentation make it a widely accepted safe microorganism and a promising probiotic due to its possible health benefits (Pessione, 2012; Song et al., 2017; Behbahani and Noshad, 2024).

L. lactis is known for its economically important contribution to vaccine production, milk fermentation and feed fortification (Wu et al., 2023).

Scientists have found that *L. lactis* is a probiotic species and has been recognized as a natural candidate to replace antibiotics commonly used to treat bacterial infections in humans and animals (Rabetafika et al., 2023).

A recent study by Maaty et al., (2025) investigated the probiotic potential of eight isolates of *L. lactis* MSH-08 taken from traditional dairy products, and evaluated its resistance to bile juice, pH and NaCl, as well as its antimicrobial (Figure 6), antioxidant and anticancer properties.



Фиг.6. Антимикробна активност на избраните изолати спрямо различни патогени (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* и *Listeria monocytogenes*). Диаметрите на зоната на инхибиране са измерени в MRS агарови плаки (Maaty et al., 2025)

Fig. 5. Antimicrobial activity of selected isolates to different pathogens (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes*). The diameters of inhibition zone were measured in MRS agar plates (Maaty et al., 2025)

Тези щамове демонстрират значителна антиоксидантна, антибактериална и противоракова активност. Те проявяват антимикробно действие както срещу Gp, така и срещу Gпатогени, включително *Staph. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* и *E. coli*. Освен това щамовете са били в състояние да оцелеят в условия на ниско рН и жлъчни соли, които са критични за преминаването през стомашно-чревния тракт.

These strains demonstrate significant antioxidant, antibacterial and anticancer activity. They exhibit antimicrobial activity against both Gp and Gpathogens, including *Staph. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* and *E. coli*.

In addition, the strains were able to survive in conditions of low pH and bile salts, which are critical for passage through the gastrointestinal tract.

ИЗВОДИ

Обзорната статия открива и обобщава съвременни проучвания за щамове от различни видове млечнокисели микроорганизми, като новата номенклатура, разделяща род

CONCLUSIONS

The review article discovers and summarizes recent studyings on strains of different species of lactic acid microorganisms, such as the new nomenclature dividing the genus

Lactobacillus на няколко части, оптимална среда за култивиране на щамове, идентификацията на LuxS-гена, пробиотичния потенциал при някои видове и др. Тези изследвания и извършената литературна справка в настоящата работа дават добра основа за по-лесна разработка на продукти и научни трудове с обобщено представените резултати.

Lactobacillus into several parts, optimal culture medium for strains, identification of the LuxS gene, probiotic potential in some species, etc.

These studies and the literature review carried out in this work provide a good basis for easier product development and scientific papers, summarizing the presented results.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е подкрепено от Министерство на образованието и науката по национална програма „Млади учени и постдокторанти- 2“.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by the Ministry of Education and Science under the national program "Young Scientists and Postdoctoral Researchers-2".

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. **Adolfsson, O., S. N. Meydani, and R. M. Russell**, 2004. Yogurt and gut function. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80 (2), 245–256.
2. **Ahmed, Z., M. S. Vohra, M. N. Khan, A. Ahmed and T. A. Khan**, 2019. Antimicrobial role of *Lactobacillus* species as potential probiotics against enteropathogenic bacteria in chickens. *The Journal of Infection in Developing Countries*, 13 (2), 130–136.
3. **Alinovi, M., E. Bancalari, S. Monica, L. Del Vecchio, M. Cirlini, E. Chiavaro and Fr. Bot**, 2025. Tailoring the physicochemical properties and VOCs of pea-based fermented beverages through *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* fermentation. *Food Research International* 209, 116250.
4. **Aller, K., K. Adamberg, V. Timarova, A. Seiman, D. Feštšenko, and R. Vilu**, 2014, Nutritional requirements and media development for *Lactococcus lactis* IL1403. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98 (13), 5871-5881.
5. **Aryana, K. J. and D. W. Olson**, 2017. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100 (12), 9987–10013.
6. **Bae, J. J., S. J. Yeon, W. J. Park, G. E. Hong and C. H. Lee**, 2016. Production of sesaminol and antioxidative activity of fermented sesame with *Lactobacillus plantarum* P8, *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356, *Streptococcus thermophilus* S10. *Food Science and Biotechnology*, 25 (1), 199–204.
7. **Bai, M., S. Yang, Q. Zhao, D. Wang, T. Zhang, L.Y. Kwok and Z. Sun**, 2024. Fermentation characteristics of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* T50 and *Streptococcus thermophilus* S10 complex starter: Enhancing fermentation performance, metabolic interaction, and storage stability. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 208, 116716.
8. **Bancalari, E., M. Gatti, B. Bottari, D. Mora and S. Arioli**, 2022. Disclosing *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* intraspecific diversity in exopolysaccharides production. *Food Microbiology*, 102, 103924.
9. **Beermann, C. and J. Hartung**, 2013. Physiological properties of milk ingredients released by fermentation. *Food and Function*, 4 (2), 185-199.
10. **Begunova, A. V., O. S. Savinova, O. A. Glazunova, K. V. Moiseenko, I. V.**

Rozhkova, and T. V. Fedorova, 2021. Development of antioxidant and antihypertensive properties.

11. Behbahani, B. A. and M. Noshad, 2024. An investigation into the probiotic, antibacterial, anti-biofilm, and safety properties of *Lactococcus lactis* NJ414. *LWT-Food Science and Technology*, 116251.

12. Behbahani, B. A., H. Barzegar and M. Taki, 2025. Isolation of *Lactocaseibacillus rhamnosus* SMHA30 from traditional yogurt: A probiotic with antimicrobial, anti-biofilm, and safety attributes. *Applied Food Research*, 5, 100882.

13. Behbahani, M., S. Davoody, E. Shirani and H. Mohabatkari, 2016. Influence of sucrose, glucose, stevia leaf and stevioside on growth and lactic acid production by *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus casei*. *Iranian Journal of Science & Technology Transactions A Science*, 40 (4), 275-279.

14. Behera, S.S., R.C. Ray and N. Zdolec, 2018. *Lactobacillus plantarum* with Functional Properties: An Approach to Increase Safety and Shelf-Life of Fermented Foods. *BioMed Research International*, 1–18.

15. Bendig, T., A. Ulmer, L. Luzia, S. Müller, S. Sahle, F.T. Bergmann, M. Losch, F. Erdemann, A. A. Zeidan, S. N. Mendoza, B. Teusink, R. Takors, U. Kummer and A. S. Figueiredo, 2023. The pH-dependent lactose metabolism of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*: An integrative view through a mechanistic computational model. *Journal of Biotechnology*, 374, 90–100.

16. Cox, A., H. Makino, A. W. Cripps and N. P. West, 2019. Recovery of *Lactobacillus casei* strain Shirota (LcS) from faeces with 14 days of fermented milk supplementation in healthy Australian adults. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 28 (4), 734-739

17. Cox, A. J., H. Makino, A. W. Cripps and N. P. West, 2019. Recovery of *Lactobacillus casei* strain Shirota (LcS) from faeces with 14 days of fermented milk supplementation in healthy Australian adults. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 28 (4), 734–739.

18. Cui, Y., T. Xu, X. Qu, T. Hu, X. Jiang and C. Zhao, 2016. New insights into various production characteristics of *Streptococcus thermophilus* strains. *International Journal of Molecular Sciences*, 17 (10), 1701.

19. Davarzani, S., M.R. Sanjabi, N. Mojgani, S. Mirdamadi and M. Soltani, 2024. Investigating the Antibacterial, Antioxidant, and Cholesterol-lowering Properties of Yogurt Fortified with Postbiotic of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactiplantibacillus plantarum* in the Wistar Rat Model. *Journal of Food Protection*, 87, 100408.

20. Drago, L., G. Meroni, A. Chiaretti, N. Laforgia, S. Cucchiara and M. E. Baldassarre, 2020. Effect of *Limosilactobacillus reuteri* Ir02–*Lactocaseibacillus rhamnosus* Ir04 combination on antibiotic-associated diarrhea in a pediatric population: A national survey. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (10), 3080.

during growth of *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus rhamnosus* and

21. Gasser, C., J. M. Faurie and F. Rul, 2024. Regulation of lactose, glucose and sucrose metabolisms in *S. thermophilus*. *Food Microbiology*, 121, 104487.

22. Guo, S., Z. Han, M. Bai, Z. Sun, H. Zhang and J. Wang, 2020. Analysis of fermented soybean milk produced by *Streptococcus thermophilus* S10 compound *Lactobacillus plantarum* P-8 by SPME-GC-MS. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 20 (10), 268–279.

23. Gürmeriç, H. E., M. Sengül and T. Erkaya-Kotan, 2024. Assessment of the antioxidant and ACE-inhibitory activities and some quality characteristics of Kasar cheese produced by probiotic *Lactobacillus acidophilus*. *Food Bioscience*, 59, 103812.

24. Hayek, S. A. and S. A. Ibrahim, 2013. Current Limitations and Challenges with Lactic Acid Bacteria: A Review. *Food and Nutrition Sciences*, 4, 73-87.
25. Hill, D., I. Sugrue, C. Tobin, C. Hill, C. Stanton and R.P. Ross, 2018. The *Lactobacillus casei* group: history and health related applications. *Frontiers in Microbiology*, 2107.
26. Huang, C. H., S. W. Li, L. Huang, L. and K. Watanabe, 2018. Identification and classification for the *Lactobacillus casei* group. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1974.
27. Ito, R., Y. Mine, Y. Yumisashi, R. Yoshioka, M. Hamaoka, T. Taji, T. Murayama, and H. Nikawa, 2021. In vivo efficacy of *Lacticaseibacillus rhamnosus* L8020 in a mouse model of oral candidiasis. *Journal of Fungi*, 7 (5), 322.
28. Iyer, R., S. K. Tomar, T. U. Maheswari and R. Singh, 2010. *Streptococcus thermophilus* strains: Multifunctional lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 20 (3), 133–141.
29. J. Yin, W. Sun, X. Yu, X. Xiao, B. Li, Z. Tong, L. Ke, W. Mao and W. Li, 2021. *Lacticaseibacillus rhamnosus* TR08 alleviated intestinal injury and modulated microbiota dysbiosis in septic mice. *BMC Microbiology*, 21, 1–10.
30. Ju, X. and X. Kou, 2009. Review on the functions of *Lactobacillus paracasei* and application in food industry. *China Dairy Industry*, 37 (8), 48–50.
31. Kaga, C., T. Nagino, A. Gomi, A. Takagi, K. Miyazaki, Y. Yoshida and K. Shida, 2024. Effects of fermented soymilk with *Lacticaseibacillus paracasei* YIT 9029 on gut microbiota and defecation habits: a randomised, double-blind, placebo-controlled study. *Beneficial Microbes journal*, 15 (2), 127-143.
32. Khine, W. W. T., X. J. Ang, Y. S. Chan, W. Q. Lee, S. Y. Quek, S. H. Tan, H. T. A. Teo, J. K. B. Teo, Q. C. Lau and Y. K. Lee, 2019. Recovery of *Lactobacillus casei* strain Shirota (LcS) from faeces of healthy Singapore adults after intake of fermented milk. *Beneficial Microbes*, 10 (7), 721–728.
- Lactobacillus reuteri* on cow's milk: Fermentation and peptidomics study. *Foods*, 10 (1), 17.
33. Li, D., J. Peng, L. Kwok, W. Zhang and T. Sun, 2022. Metabolomic analysis of *Streptococcus thermophilus* S10-fermented milk. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 161, 113368.
34. Li, Q., W. Hu, W. X. Liu, L. Y. Zhao, D. Huang, X. D. Liu, H. Chan, Y. Zhang, J. D. Zeng, O. O. Coker, W. Kang, S.S.M.L. Zhang, S. H. Wong, T. Gin, M. T. V. Chan, J. L. Wu, J. Yu and W. K. K. Wu, 2021. *Streptococcus thermophilus* inhibits colorectal tumorigenesis through secreting β -galactosidase. *Gastroenterology*, 160 (4), 1179–1193.
35. Linares, D. M., S. Arbolea, R. P. Ross and C. Stanton, 2017. Complete genome sequence of the gamma-aminobutyric acid-producing strain *Streptococcus thermophilus* APC151. *Genome Announcements*, 5 (17), 00205.
36. Liu, G., Y. Qiao, Y. Zhang, C. Leng, J. Sun, H. Chen, Y. Zhang, A. Li and Z. Feng, 2018. Profiles of *Streptococcus thermophilus* MN-ZLW-002 nutrient requirements in controlled pH batch fermentations. *Microbiology Open*, 8(2), Article e00633.
37. Liu, N., S. Miao and L. Qin, 2020. Screening and application of lactic acid bacteria and yeasts with L-lactic acid-producing and antioxidant capacity in traditional fermented rice acid. *Food Science Nutrition*, 8 (11), 6095–6111.
38. Łopusiewicz, Ł., P. Kwiatkowski and E. Drożdowska, 2022. Production and characterization of yogurtlike fermented beverage based on camelina (*Camelina sativa* L.) seed press cake. *Applied Sciences*, 12 (3), 1085.
39. Lu, C.-L., H.-X. Li, F.C. Mgomi and Z.-Q. Yang, 2025. Encapsulation of

Lacticaseibacillus rhamnosus and *Staphylococcus xylosus* using sodium alginate improves flavour and the nutritional value of pork broth. *Food Bioscience*, 66, 10626.

40. Maaty, S. E., M. M. A. Elashtokhy, M. K. Amin, A. S. Hassan, N. M. Zabermawi, S. Y. A. Qattan, M. E. Shaf, U. B. Algopishi, G. A. El-Shaboury, R. M. Farsi and S. Mahgoub, 2025. Probiotic potential and bioactive properties of *Lactococcus lactis* MSH-08 isolates from fermented dairy products: Antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities. *Applied Food Research*, 5, 100763.

41. Mai, T. T., D. V. Hop, T. T. Anh and N.T. Lam, 2017. Recovery of *Lactobacillus casei* strain Shirota (LcS) from the intestine of healthy Vietnamese adults after intake of fermented milk. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 26 (1), 72–77.

42. Mantzourani, I., A. Terpou, A. Alexopoulos, P. Chondrou, A. Galanis, A. Bekatorou, E. Bezirtzoglou, A. A. Koutinas and S. Plessas, 2018. Application of A Novel potential probiotic *Lactobacillus paracasei* strain isolated from Kefir grains in the production of feta-type cheese. *Microorganisms*, 6 (4).

43. Mefleh, M., M. Faccia, G. Natrella, D. De Angelis, A. Pasqualone, F. Caponio and C. Summo, 2022. Development and chemical-sensory characterization of chickpeas-based beverages fermented with selected starters. *Foods*, 11 (22), 3578.

44. Miclo, L., E. Roux, M. Genay, E. Brusseau, C. Poirson, N. Jameh, C. Perrin and A. Dary, 2012. Variability of hydrolysis of β -, α_{s1} -, and α_{s2} - caseins by 10 strains of *Streptococcus thermophilus* and resulting bioactive peptides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (2), 554–565.

45. Monica, S., E. Bancalari, L. Siroli, I. H. Tekiner, M. Tainsa, S. Ennahli, G. Bertani and M. Gatti, 2025. Lactic acid fermentation of non-conventional plant-based protein extract. *Food Research International*, 208, 116174.

46. Nguyen, B. T., E. Bujna, N. Fekete, A. T. M. Tran, J. M. Rezessy-Szabo, R. Prasad and Q. Nguyen, 2019. Probiotic beverage from pineapple juice fermented with *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *Frontiers in Nutrition*, 6 (54).

47. Olimpio, F., J. R. M. D.Silva, R. P. Vieira, C. R. Oliveira and F. Aimbire, 2022. *Lacticaseibacillus rhamnosus* modulates the inflammatory response and the subsequent lung damage in a murine model of acute lung inflammation. *Clinics*, 77, 100021.

48. Park, S., J. Kang, S. Choi, H. Park, E. Hwang, Y. Kang, A. Kim, W. Holzapfel and Y. Ji, 2018. Cholesterol-lowering effect of *Lactobacillus rhamnosus* BFE5264 and its influence on the gut microbiome and propionate level in a murine model. *PLoS One*, 13 (8), e0203150.

49. Patel, M., W. Prasad, H. Naithani, B. H. Nataraj, S. Arora and P. V. Behare, 2021. Comparative evaluation of in situ and ex-situ iron-complexing ability of exopolysaccharides producing lactic acid bacteria in whey medium. *LWT - Food Science and Technology*, 147, 111598.

50. Pessione, E., 2012. Lactic acid bacteria contribution to gut microbiota, complexity: Lights and shadows. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 2, 86.

51. Pinto, A., J. Barbosa, H. Albano, J. Isidro and P. Teixeira, 2020. Screening of Bacteriocinogenic lactic acid bacteria and their characterization as potential probiotics. *Microorganisms*, 8 (3).

52. Rabetafika, H. N., A. Razafindralambo, B. Ebenso and H. L. Razafindralambo, 2023. Probiotics as antibiotic alternatives for human and animal applications. *Encyclopedia*, 3 (2), 561–581.

53. Reale, A., R. G. Ianniello, F. Ciocia, T. Di Renzo, Fl. Boscaino, A.

- Ricciardi, R. Coppola, E. Parente, T. Zotta and P. L. H. Mcsweeney**, 2016. Effect of respirative and catalase-positive *Lactobacillus casei* adjuncts on the production and quality of Cheddar-type cheese. *International Dairy Journal*, 63, 78-87.
- 54. Reale, A., T. Di Renzo, F. Rossi, T. Zotta, L. Iacumin, M. Preziuso, E. Parente, E. Sorrentino and R. Coppola**, 2015. Tolerance of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* and *Lactobacillus rhamnosus* strains to stress factors encountered in food processing and in the gastro-intestinal tract. *LWT-Food Science and Technology*, 60, 721-728.
- 55. Ricciardi, A., R. G. Ianniello, E. Parent and T. Zotta**, 2018. Factors affecting gene expression and activity of heme- and manganese-dependent catalases in *Lactobacillus casei* strains. *International Journal of Food Microbiology*, 280, 66-77.
- 56. Rodriguez, C., D. Ramlaoui, N. Georgeos, B. Gasca, C. Leal, T. Subils, M.R. Tuttobene, R. Sieira, N.T. Salzameda, R.A. Bonomo, R. Raya and M. Ramirez**, 2023. Antimicrobial activity of the *Lactocaseibacillus rhamnosus* CRL 2244 and its impact on the pHenotypic and transcriptional responses in carbapenem resistant *Acinetobacter baumannii*. *Scientific Reports*, 13, 14323.
- 57. Sabbatini, S., C. Monari, N. Ballet, A. C. Decherf, S. Bozza, B. Camilloni and A. Vecchiarelli**, 2020. Anti-biofilm properties of *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I- 3856 and *Lactocaseibacillus rhamnosus* ATCC 53103 probiotics against *G. Vaginalis*. *Microorganisms*, 8 (9), 1294.
- 58. Sakai, T., K. Oishi, T. Asahara, T. Takada, N. Yuki, K. Matsumoto, K. Nomoto and A. Kushiro**, 2010. M-RTL agar, a novel selective medium to distinguish *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus paracasei* from *Lactobacillus rhamnosus*. *International Journal of Food Microbiology*, 139 (3), 154–160.
- 59. Seppo, L., T. Jauhiainen, T. Poussa and R. Korpela**, 2003. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77 (2), 326-330.
- 60. Song, A. AL., L. L. A. In, S. H. E. Lim and R. A. Rahim**, 2017. A review on *Lactococcus lactis*: From food to factory. *Microbial Cell Factories*, 16, 55.
- 61. Song, X., C. Hou, Y. Yang, L. Ai, Y. Xia, G. Wang, H. Yi and Z. Xiong**, 2022. Effects of different carbon sources on metabolic profiles of carbohydrates in *Streptococcus thermophilus* during fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102 (11), 4820–4829.
- 62. Sornsenee, P., K. Singkhamanan, S. Sangkhathat, P. Saengsuwan and C. Romyasamit**, 2021. Probiotic properties of *Lactobacillus* species isolated from fermented palm sap in Thailand. *Probiotics and Antimicrob Proteins*, 13, 957-969
- 63. Su, D., S. Liu, Y. Ma, Y. Wang, W. Yn, G. Sy, Y. Zb, and M. Zs**, 2017. The analysis of utilization of carbohydrates in milk and the predition of their cross-feeding of starter strains. *China Dairy Cattle*, 4, 48–52.
- 64. Su, X., S. Chang, H. Dong, H. Duan, W. Liu, and B. Menghe**, 2025. The revelation of high-yield amino acids and probiotic characteristics of an intestinal *Lactocaseibacillus rhamnosus* X9C17. *Food Chemistry*, 467, 142245.
- 65. Tang, W., M. Dong, W. Wang, S. Han, X. Rui, X. Chen, M. Jiang., Q. Zhang, J. Wu and W. Li**, 2017. Structural characterization and antioxidant property of released exopolysaccharides from *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* SRFM-1. *Carbohydrate polymers*, 173, 654-664.
- 66. Tiengrim, S., A. Leelaporn, S. Manatsathit and V. Thamlikitkul**, 2012. Viability of *Lactobacillus casei* strain Shirota (LcS) from feces of Thai healthy subjects regularly taking milk product containing LcS. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 95 (2), 42-47.

67. **Tingting, Z., R. Huo, L. Y. Kwok, C. Li, Y. Ma and Z. Mi**, 2019. Effects of applying *Lactobacillus helveticus* H9 as adjunct starter culture in yogurt fermentation and storage. *Journal of Dairy Science*, 102 (1), 223-235.
68. **Tuohy, K.M., M. Pinart-Gilberga, M. Jones, L. Hoyles, A. L. McCartney, and G. R. Gibson**, 2007. Survivability of a pro-biotic *Lactobacillus casei* in the gastrointestinal tract of healthy human volunteers and its impact on the faecal microflora. *Journal of Applied Microbiology*, 102 (4), 1026–1032.
69. **Utami, T., M. Chayanto, M. Juffrie and E. Rahayu**, 2015. Recovery of *Lactobacillus casei* strain Shiorta (LcS) from the intestine of healthy Indonesian volunteers after intake of fer-mented milk and its impact on the *Enterobacteriaceae* faecal microbiota. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*, 10, 77–84.
70. **Von Wright, A. and L. Axelsson**, 2012. Lactic Acid Bacteria: An Introduction. In: Lahtinen, S., Ouwehand, A.C., Salminen, S. and von Wright, A., Eds., *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*, 4th Edition, Taylor and Francis Group LLC, CRC Press, Boca Raton, 1-16.
71. **Wang, R., S. Chen, J. Jin, F. Ren, Y. Li, Z. Qiao, Y. Wang and L. Zhao**, 2015. Survival of *Lactobacillus casei* strain Shiota in the intestines of healthy Chinese adults. *Microbiology and Immunology*, 59 (5), 268–276.
72. **Werning, M. L., A. M. Hernandez-Alcantara, M. J. Ruiz, L. P. Soto, M. T. Duenas, P. Lopez and L. S. Frizzo**, 2022. Biological functions of exopolysaccharides from lactic acid Bacteria and their potential benefits for humans and farmed animals. *Foods*, 11 (9).
73. **Wu, F., X. Xie, T. Du, X. Jiang, W. Miao and T. Wang**, 2023. *Lactococcus lactis*, a bacterium with probiotic functions and pathogenicity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 39(12), 325.
74. **Xia, W., J. Han, S. Zhu, Y. Wang, W. Zhang and Z. Wu**, 2023. Structural elucidation of the exopolysaccharide from *Streptococcus thermophilus* XJ53 and the effect of its molecular weight on immune activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 230, 123177.
75. **Xu, Y., Y. Tian, Y. Cao, J. Li, H. Guo, Y. Su, Yu. Tian, C. Wang, T. Wang and L. Zhang**, 2019. Probiotic properties of *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* L1 and its growth performance-promotion in chicken by improving the intestinal microflora. *Frontiers in Physiology*, 10, 937.
76. **Yadav, M., P. Poornima, N. Roshan, N. Prachi, M. Veena and I. Neena**, 2014. Evaluation of probiotic milk on salivary mutans streptococci count: an in vivo microbiological study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 39 (1), 23–26.
77. **Yamauchi, R., E. Maguin, H. Horiuchi, M. Hosokaw and Y. Sasaki**, 2019. The critical role of urease in yogurt fermentation with various combinations of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1033–1043.
78. **Zhang, H., W. Ren, Q. Guo, Z. Xiong, G. Wang, Y. Xia, P. Lai, B. Ying and L. Ai**, 2018. Characterization of a yogurt-quality improving exopolysaccharide from *Streptococcus thermophilus* AR333. *Food hydrocolloids*, 81, 220-228.
79. **Zhang, R., Z. Shi, X. Fan, T. Zhang, M. Tu, Z. Wu, X. Zeng, W. Bao, B. Chen and D. Pan**, 2025. The key quorum sensing gene *luxS* in *Lactobacillus acidophilus* CICC 6074 and *Lactobacillus helveticus* R0052 mediates organic acid production and promotes protein hydrolysis in yogurt. *Journal of Dairy Science*, In Press, Journal Pre-proof.
80. **Zhao, Ch., L. Xie, J. Shen, H. He, T. Zhang, L. Hao, C. Sun, X. Zhang, M. Chen, F. Liu, Z. Li and N. Wang**, 2025. *Lactobacillus acidophilus* YL01 and its

exopolysaccharides ameliorate obesity and insulin resistance in obese mice via modulating intestinal specific bacterial groups and AMPK/ACC signaling pathway. *International Journal of Biological Macromolecules*, 300, 140287.

81. Zhao, R., Z. Chen, J. Liang, J. Dou, F. Guo, Z. Xu and T. Wang, 2023. Advances in genetic tools and their application in *Streptococcus thermophilus*. *Foods*, 12(16), 3119.

82. Zheng, J., S. Wittouck, E. Salvetti, C. M. A. P. Franz, H. M. B. Harris, P. Mattarelli, P.W. O'Toole, B. Pot, P. Vandamme, J. Walter, K. Watanabe, S. Wuyts, G. E. Felis, M. G. Gänzle and S. Lebeer, 2020. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70 (4), 2782-2858.

83. Zhou, R., X. Zong, H. Wu, K. Liu, S. Shen, G. Yao and J. Yu, 2025, Study on the preparation technology of *Streptococcus thermophilus* S10 starter for enhancing quality. *Food Bioscience*, 66, 106240

84. Zhou, Y., Y. Cui and X. Qu, 2022. Comparative transcriptome analysis for the biosynthesis of antioxidant exopolysaccharide in *Streptococcus thermophilus* CS6. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 102 (12), 5321-5332.

85. Zotta, T., A. Ricciardi, R. Rossano and E. Parente, 2008. Urease production by *Streptococcus thermophilus*. *Food Microbiology*, 25 (1), 113–119.

86. Zoumpopoulou, G., 2016. Production of bioactive peptides and probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from traditional Greek dairy products. In: Megaron Athens International Conference Center, Athens, Greece, 2-26.

87. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-labelling/health-claims/microorganisms-term-probiotic/nomenclature-changes-lactobacillus.html#a3>.