



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ – БИТОЛА
ЦЕЛОСЕН НАЗИВ НА ЕДИНИЦАТА/ФАКУЛТЕТОТ



Трет циклус студии на студиската програма
Иновативни технологии за храна и нутриционизам

ПРОЦЕНКА НА ФАКТОРИ ШТО ВЛИЈААТ ВРЗ ОПСТАНОКОТ НА
ПРОБИОТСКИОТ СОЈ *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* GG ВО МАТРИЦИ НА
БЕЛО САЛАМУРЕНО СИРЕЊЕ

докторски проект

Кандидат
Влора Хисени
број на индекс 21

Ментор
Проф.д-р Даниела Николовска Неделкоска

СОДРЖИНА

Апстракт.....	3
1. Вовед	4
2. Преглед на литература.....	5
3. Методи и материјали	7
3.1. Производство на бело саламурено сирење со инкорпориран <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	7
3.2. Метод за броење на <i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG.....	8
3.3. Микробиолошка анализа за проценка на безбедноста на производот	8
4. Резултати и дискусија.....	9
5. Заклучок	10
Благодарност	11
Користена литература.....	11

ПРОЦЕНКА НА ФАКТОРИ ШТО ВЛИЈААТ ВРЗ ОПСТАНОКОТ НА ПРОБИОТСКИОТ СОЈ *LACTOBACILLUS RHAMNOSUS* GG ВО МАТРИЦИ НА БЕЛО САЛАМУРЕНО СИРЕЊЕ

Влора Хисени

Технолошко-технички факултет Велес,
Универзитет „Св. Климент Охридски“ Битола
Република Северна Македонија
ORCID iD 0009-0004-9429-3410
vlora.huseni@uklo.edu.mk

Даниела Николовска Неделкоска

Технолошко-технички факултет Велес,
Универзитет „Св. Климент Охридски“ Битола
Република Северна Македонија
ORCID iD 0000-0002-8983-0961
daniela.nedelkoska@uklo.edu.mk

Апстракт

Функционалната храна претставува храна која обезбедува здравствени придобивки покрај основната нутритивна намена, и често содржи компоненти што можат да придонесат за превенција на болести или за подобрување на целосното здравје. Производството на функционални намирници што содржат пробиотици претставува голем предизвик, и поради тоа неопходно е оптимизирање и на производствениот процес и на условите за складирање за да се обезбеди вијабилност на пробиотиците до моментот на консумирање.

Целта на ова пилот-истражување беше проучување на факторите кои влијаат врз опстанокот на пробиотичкиот сој *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) во матрици на бело саламурено сирење. Со цел да се евалуира влијанието на температурата на зреење и ефектот на концентрацијата на сол во солилото врз вијабилноста на пробиотикот во сирењето, беа направени неколку серии на примероци. Микробиолошката анализа на примероците покажаа дека температурата на зреење има влијание врз вијабилноста на пробиотикот. Имено, при температура 4°C се забележа рапидно намалување на концентрацијата на пробиотикот во сирењето на 14-от ден, додека кај примерокот кај кој што зреењето се одвиваше на температура 18°C, концентрацијата на пробиотски бактерии остана над прагот од 10⁶ CFU/g. Добиените резултати индицираа и дека повисоката концентрација на сол во солилото (6%) може да влијае негативно на опстанокот на пробиотикот во сирењето.

Ова истражување придонесува кон подлабоко проучување на опстанокот и вијабилноста на пробиотиците во ферментиран прехранбен производ преку испитување на влијанието на температурата на зреење на ферментираниот производ и концентрацијата на сол во услови кога сирењето игра улога на носач за пробиотици.

Клучни зборови: бело саламурено сирење, пробиотик, *Lactobacillus rhamnosus* GG, вијабилност

1. Вовед

Меѓу видовите функционална храна, млечните производи збогатени со пробиотици остануваат најшироко проучувани и најмногу консумирани (Мазлум & Атасевер - Mazlum & Atasever, 2023). Сепак, вијабилноста на пробиотиците е особено чувствителна на фактори на животната средина, како што се рН вредноста, водородниот пероксид, органските киселини, изложеноста на кислород и шок, поточно стрес предизвикан од влага, особено кај ферментирани млечни производи како јогурт (Пандеј и сор. - Pandey et al., 2015). За разлика од течните ферментирани млечни производи, резултатите од повеќе студии индицираат дека сирењето нуди посебни предности како носител на пробиотици, особено во поддршката на преживувањето на бактериите за време на гастричната дигестија (Питино и сор. - Pitino et al., 2021).

Поимот сирење опфаќа широк спектар на млечни производи добиени од ферментирано млеко, со значајна разновидност на структурата, вкусот и текстурата во зависност од географското потекло и применетата технологија на производство (Даниленко и сор. - Danylenko et al., 2023). Меѓу европските видови сирења, белото саламурено сирење има особено значајно место како составен дел од традицијата на производство на млечни производи во Европа. Иако сирењето може да се произведува од различни видови млеко, кравјото млеко останува најчесто користена суровина. Препознатлива особеност на овој вид сирење е тоа што при производството зрее, односно се чува во солило, што му обезбедува карактеристичен солен и богат вкус (Бело сирење “Сирене” - White-brined cheese “Sirene”, <https://cheeseeu.eu/index.php/en/products/white-brine-cheese-sirene>). Иако белото саламурено сирење традиционално содржи релативно висока концентрација на сол, доколку се применат умерени прилагодувања на технологијата на производство истите можат да овозможат вклучување на пробиотски соеви во количества доволни за да се постигнат здравствени придобивки, без притоа да се наруши сензорниот квалитет на производот (Бинцис и сор. - Bintsis et al., 2018).

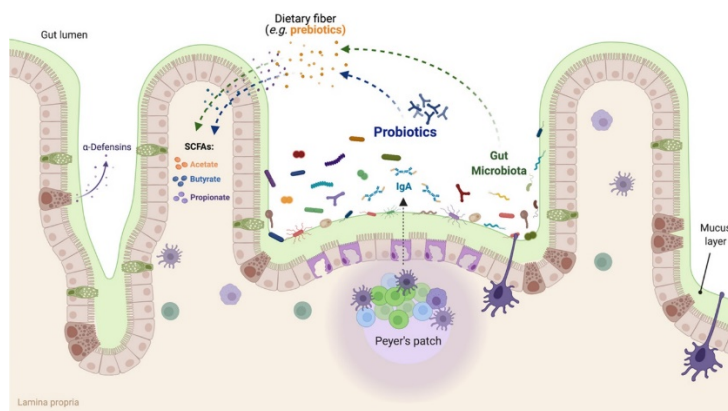
Пробиотиците се дефинираат како „живи микроорганизми што, кога се внесуваат во адекватни количини, придонесуваат за здравствена благосостојба на домаќинот“ (Хил и сор. - Hill et al., 2014). За да ги остварат овие придобивки, пробиотските соеви мора да поседуваат суштински карактеристики: толеранција кон кисели и жолчни услови, способност за продукција на антимикробни соединенија, капацитет за инхибиција на патогени, и успешна колонизација на гастроинтестиналниот тракт (Матипа-Мдакане & Тантша - Mathipa-Mdakane & Thantsha, 2022). Антимикробното дејство на пробиотиците се поврзува со ослободување на органски киселини, водороден пероксид и бактериоцини, кои директно ги инхибираат штетните микроорганизми (Агарвал и сор. - Aggarwal et al., 2024). Овој заштитен ефект може да се оствари преку повеќе механизми, вклучувајќи: конкурентна ексклузија на патогени, стимулација на интегритетот на бариерите на домаќинот, и модулација на метаболните функции (Матипа-Мдакане & Тантша - Mathipa-Mdakane & Thantsha, 2022).

Концептот – синбиотик, односно комбинирање на пробиотици и пребиотици, поради синергистичките ефекти привлекува особено внимание за примена во функционална храна (Ал-Шераџи и сор. - Al-Sheraji et al., 2013; Валдес и сор. - Valdes et al., 2018). Пребиотиците претставуваат диететски супстрати кои селективно го стимулираат растот и активноста на корисните микроорганизми (Тамарутивасик и сор. - Thammarutwasik et al., 2009). За да може да се смета дека припаѓа во таа група, еден пребиотички состав мора пред сè: да се спротивстави на гастричната киселост, да избегне ензимска хидролиза, да остане неапсорбиран во горниот гастроинтестинален тракт, да биде подложен на ферментација од цревната микробиота и селективно да ја зголемува популацијата на корисните бактерии, со што на крајот се одржува здравјето на домаќинот (Агарвал и сор. - Aggarwal et al., 2024).

Производството на функционална храна со пробиотици претставува значаен предизвик, и токму поради тоа неопходна е оптимизација на производствениот процес и условите за складирање со цел пробиотиците да останат вијабилни до моментот на консумација. Ова пилот-истражување беше дизајнирано со цел подобро да се проучат факторите што влијаат врз опстанокот на пробиотскиот сој *Lactobacillus rhamnosus* GG во матрици на бело саламурено сирење.

2. Преглед на литературата

Бројни истражувања укажуваат дека пробиотиците обезбедуваат широк спектар на здравствени придобивки, вклучувајќи: имуномодулација, намалување на холестеролот, подобрена толеранција на лактоза, антиканцерогено дејство, како и подобрување на оралното и интестиналното здравје (Ерликаја - Yerlikaya, 2014; Бургаин и сор. - Burgain et al., 2011; Лоло и сор. - Lollo et al., 2012). Многу од овие придобивки се поврзани со масните киселини со краток синцир (SCFAs), како што се ацетат, бутират и пропионат, кои покажуваат различни имуномодулаторни ефекти (Дамијан и сор. - Damián et al., 2022) (Слика 1).

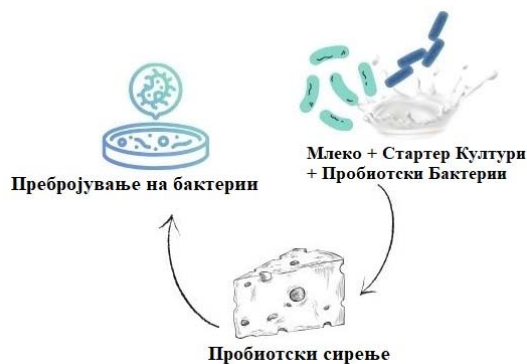


Слика 1. Некои од предложените механизми преку кои пробиотиците ги остваруваат своите корисни ефекти (Дамијан и сор. - Damián et al., 2022).

Сојот *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) е добро документиран пробиотик, кој се поврзува со повеќе потврдени позитивни здравствени ефекти (Махалак и сор. - Mahalak et al., 2022). Анализата на механизмите на дејство на LGG покажува дека неговите ефекти првенствено произлегуваат од: силната адхезивна способност кон мукозните површини (посредувана преку екзополисахариди и пили); способноста за продукција на над 92 протеини во кисели услови; и значајната имуномодулаторна активност (Капурсо - Capurso, 2019). Една од најобемно проучуваните карактеристики на LGG е силна адхезивна способност на културата; при што овој сој демонстрира супериорна адхезивна способност во споредба со сродни соеви, како *Lactobacillus rhamnosus* Lc705 и други пробиотици како *L. johnsonii* LJ1 и *L. casei* Shirota (Сегерс & Лебеер - Segers & Lebeer, 2014).

Во согласност со сознанијата за позитивните ефекти на пробиотиците и зголемениот интерес за нивно инкорпорирње во храна, во последниве години се зголемува бројот на истражувања кои ја нагласуваат сложеноста на инкорпорирањето на пробиотиците во прехранбените системи. Притоа, се вклучени следните критични фактори: изборот на микробна култура, бројноста на пробиотикот потребна за постигнување физиолошки ефект, преживувањето за време на преработката, стабилноста за време на складирањето и потенцијалното влијание врз сензорниот квалитет на производот (Питино и сор. - Pitino et al., 2012). Прехранбениот систем има клучна улога во

ефективен интестинален пренос на пробиотиците (Карими и сор. - Karimi et al., 2011). Откако ќе бидат внесени во организмот, пробиотските клетки мора да ги совладаат неповолните гастроинтестинални услови, вклучувајќи гастрична киселост, пепсин, жолчни соли и панкреатин, како и топлинскиот стрес од телесната температура (де Мело Переира и сор. - de Melo Pereira et al., 2018). Одредени соеви покажуваат слабо ниво на преживување во ферментирани млека поради нивната ниска рН вредност (Бергамини и сор. - Bergamini et al., 2005). Сирењето пак, спротивно на тоа, претставува потенцијално поповолна средина за ефективен пренос на пробиотици. Неговата релативно висока рН вредност, баферски капацитет, ниска достапност на кислород, содржина на липиди и долг рок на траење создаваат услови што го фаворизираат преживувањето на пробиотиците (Мазлум & Атасевр - Mazlum & Atasever, 2023; Хомајоуни и сор. - Homayouni et al., 2018). Сепак, стабилноста на пробиотиците во сирењето е под влијание на повеќе фактори, меѓу кои: рН вредноста, концентрацијата на сол, температурата на зреење и чување, микробниот сој и микробните интеракции (Карими и сор. - Karimi et al., 2012; Ќзер и сор. - Özer et al., 2009). На Слика 2 е даден илустративен приказ на чекорите на инкорпорирање и броење на пробиотски бактерии при производство на пробиотско сирење.



Слика 2. Илустративен приказ на чекорите на инкорпорирање и броење на пробиотски бактерии при производство на пробиотско сирење (адаптирано од Хисени и сор. - Hyseni et al., 2025).

Неколку студии го евалуирале однесувањето на пробиотиците инкорпорирани во сирење. Махмуди и сор. - Mahmoudi et al. (2012) бележат дека *Bifidobacterium animalis* (ATCC 25527) и *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 7469) не влијаат врз растот на комерцијалните starter култури при производство на иранско бело сирење со пробиотска култура, но starter културите покажуваат синергистички ефект врз растот на пробиотиците, при што бројот на вијабилни бактерии останува над терапевтскиот праг (10^6 – 10^7 CFU/g) по 60 дена. Во студијата на Хадад и сор. - Haddad et al. (2015) се наведува дека при производство на пробиотско меко бело сирење со *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium lactis* подобар ефект е утврден кога пробиотските бактерии при производството на сирењето се додаваат во млекото отколку во коагулумот. Притоа, иако почетните нивоа на пробиотици во примероците сирење надминувале 10^6 CFU/g, бројот на пробиотски бактерии се намалил под овој праг за само две недели, нагласувајќи ја тешкотијата при избор на оптимален начин за додавање на пробиотиците во текот на производството и обезбедување нивно преживување при процесот на складирање. Во истражувањето на Јилмазтекин и сор. - Yilmaztekin et al. (2004) се укажува дека релативно високата содржина на сол во белото саламурено сирење влијае на значително намалување на бројот на вијабилни пробиотски бактерии *L. acidophilus* LA-5 и *Bifidobacterium bifidum*.

во периодот на зреење и складирање на сирењето. Позитивни резултати се наведени во студијата на Дабејска-Костоска и сор. - Dabevska-Kostoska et al. (2015), во која била следена вијабилноста на пробиотикот *Lactobacillus casei* инкорпориран во бело саламурено сирење со почетни концентрации на пробиотската бактерија $3,86 \times 10^7$ CFU/g и $5,81 \times 10^7$ CFU/g. На крајот од зреењето, бројот на пробиотици изнесувал $1,74 \times 10^8$ CFU/g и $3,72 \times 10^8$ CFU/g. Во студијата на Гутierrez Коронадо и сор. - Gutiérrez Coronado et al. (2025) било произведено перуанско свежо сирење со инкорпорирани пробиотски соеви на *Lactobacillus acidophilus* и *Lactocaseibacillus rhamnosus*. Сирењето произведено со *L. rhamnosus* додаден пред коагулација на млекото го задржало бројот на микроорганизми над 10^6 CFU/g за време на периодот на складирање (21 ден).

Со цел да се проучат факторите што влијаат на способноста на пробиотикот да преживее во организмот по неговото консумирање спроведени се повеќе студии кои ја анализираат и интеракцијата на пробиотикот со воспоставените микробни зедници во цревниот микробиом. Прези и сор. - Prezzi et al. (2020) ја истражувале одржливоста на *L. rhamnosus* во сирењето Minas Frescal и при in vitro симулирани гастроинтестинални услови (SGC). Резултатите покажале дека пробиотската култура може да преживее со соодветна бројност (>6 Log CFU/g) кај сирењата и со висок степен на преживување ($>74,6$ – $86,4\%$) при in vitro симулирани гастроинтестинални услови (SGC). Дополнително, културата *L. rhamnosus* покажала инхибиторен потенцијал во однос на *L. monocytogenes* и кај сирењата и при SGC (Прези и сор. - Prezzi et al., 2020).

Пребиотиците, меѓу кои фруктоолигосахариди (FOS) и галактоолигосахариди, е потврдено дека селективно ја зголемуваат популацијата на корисни видови *Lactobacillus* и *Bifidobacterium* во гастроинтестиналната микробиота (Ханлон и сор. - Hanlon et al., 2022). Азамбуја и сор. - Azambuja et al. (2013) го истражувале ефектот на додаден пребиотик – полидекстроза, при производство на свежо сирење со инкорпорирана пробиотска култура *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*. Авторите утврдиле дека кај сирењата со додаден пребиотик по 28 дена складирање, бројот на пробиотици останал во рамките 10^7 – 10^8 CFU/g и биле зачувани функционалните својства на сирењето. Во друга студија, Питино и сор. - Pitino et al. (2012) го истражувале преживувањето на повеќе соеви на *Lactobacillus rhamnosus* (D44, F17, H12, H25, N24, R61 и GG ATCC 53103) во експериментален модел на сирење, изложен на симулирана гастрична и дуоденална дигестија. Сите соеви демонстрирале добра способност за преживување, а со примена на скенирачка електронска микроскопија (SEM) било евидентирано нивното прицврстување кон структурата на сирењето за време на дигестијата.

3. Методи и материјали

3.1. Производство на бело саламурено сирење со инкорпориран *Lactobacillus rhamnosus* GG

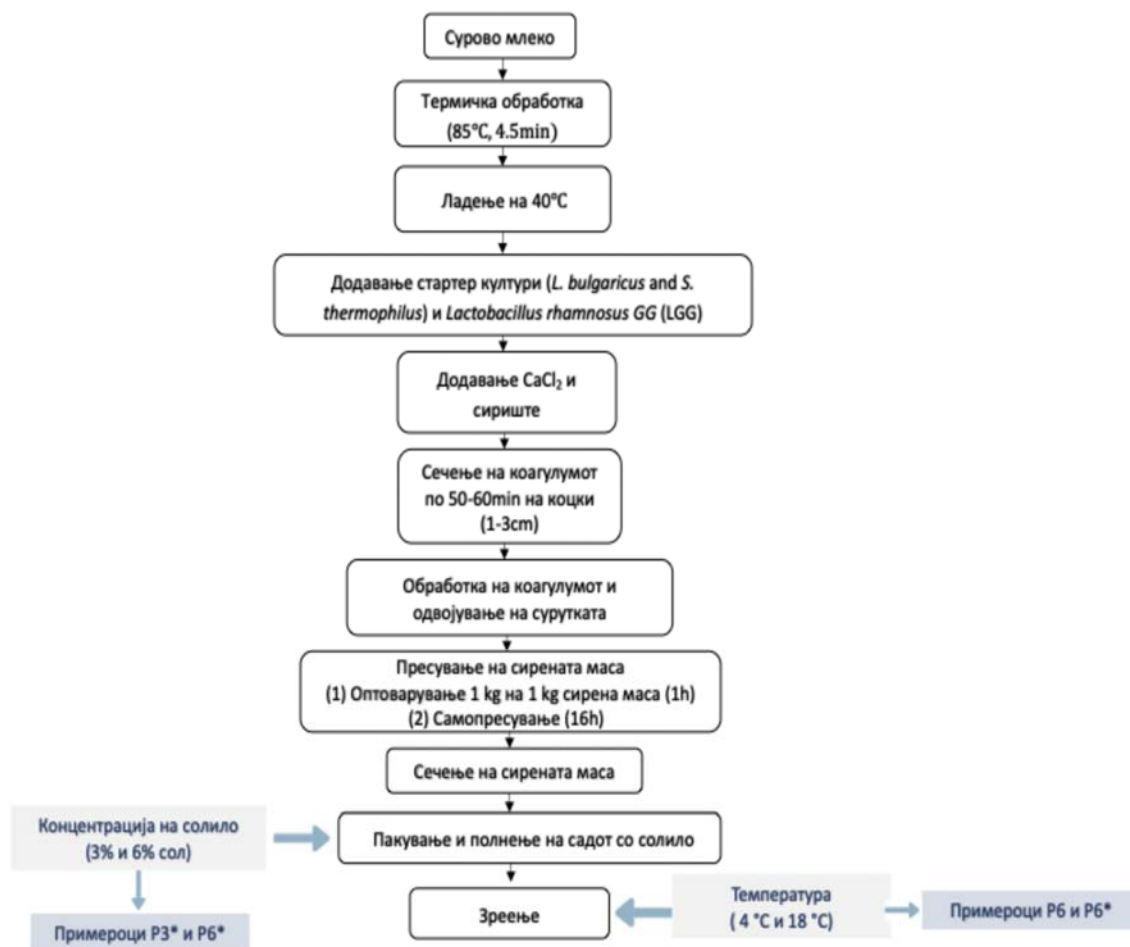
Примероците на бело саламурено сирење со инкорпориран пробиотски сој *Lactobacillus rhamnosus* GG беа произведени од кравјо млеко во индустриски услови во млекарницата ИМВ Доо Битола. При производство на примероците бело саламурено сирење како стартер-култури беа користени *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Chr. Hansen, Hørsholm, Данска), а како пробиотичка култура беше додаден сојот *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) (Chr. Hansen, Hørsholm, Данска).

За да се евалуира влијанието на температурата врз преживувањето и развојот на *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG), примероците сирења со пробиотик, по сечењето на сирната маса и поставување во солило со 6% сол, беа зреани на две различни температури: на температура 4°C (примерок P6) и на температура 18°C (примерок P6*).

Ефектот на концентрацијата на солилото врз преживувањето и развојот на *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) беше следен преку подготовка на две серии примероци,

односно сирења со пробиотик, кај кои процесот на зреење се спроведува на температура од 18°C во солило со концентрација на сол 3% (примерок P3*) и втората серија - примероци во солило со концентрација на сол 6% (примерок P6*). По 20 дена примероците беа чувани на температура 5–6°C.

Шематскиот приказ на процесот на производство на бело саламурено сирење со пробиотски сој *Lactobacillus rhamnosus* GG е прикажан на Слика 3.



Слика 3. Шематски приказ на процесот на производство на бело саламурено сирење со пробиотски сој *Lactobacillus rhamnosus* GG

3.2. Метод за броење на *Lactobacillus rhamnosus* GG

При спроведување на микробиолошката анализа за определување на бројот на LGG во примероците сирење, 10g примерок беше хомогенизиран со пуферирана пептонска вода и беа подготвени децимални разрежувања. Соодветните разрежувања беа додадени во MRS агар со ванкомицин. По 72 часа инкубација под анаеробни услови на 37 °C беше спроведено броење на колониите, а резултатите беа изразени како број на колонии на грам сирење (CFU/g) (метод на CHR Hansen).

3.3. Микробиолошка анализа за проценка на безбедноста на производот

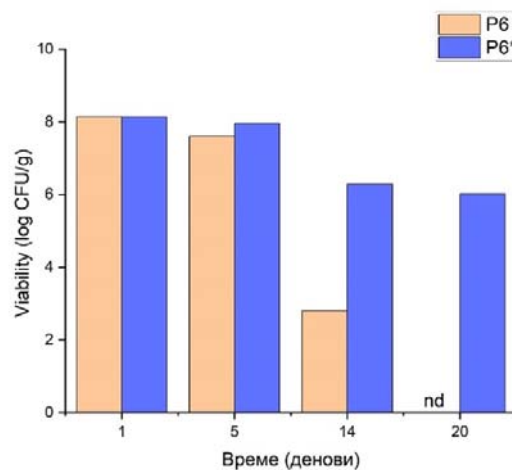
За анализа на микробиолошката безбедност на сирењето, примероците беа испитани за присуство на *Listeria monocytogenes*, стафилококи (*Staphylococcus aureus* и други видови) како и *Escherichia coli* (β-глюкоронидаза позитивна). Анализите беа

спроведени во контролирани лабораториски услови, со примена на следните методи:

- Хоризонтална метода за детекција и броење на *Listeria monocytogenes* и *Listeria spp.* – Дел 1: Метода на детекција (ISO 11290-1:2017)
- Хоризонтална метода за броење на коагулаза позитивни стафилококи (*Staphylococcus aureus* и други видови) - Дел 1: Техника со користење на Baird-Parker агар (ISO 6888-1:2021)
- Хоризонтална метода за броење на бета-глукуронидаза позитивна *Escherichia coli* - Дел 2: Техника на броење колонии на 44 °C со користење 5-бромо-4хлоро -3 индоил бета D- глукуронид (ISO 16649-2:2001)

4. Резултати и дискусија

Резултатите од истражувањето во врска со евалуацијата на влијанието на температурата врз преживувањето и развојот на *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) во примероците сирења со пробиотик се прикажани на Графикон бр. 1.

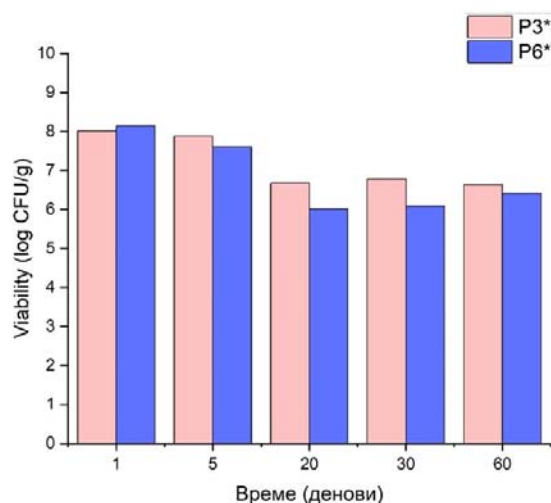


Графикон бр. 1: Вијабилност на *Lactobacillus rhamnosus* GG во матрици на бело саламурено сирење при различна температура на зреење на сирењето: примерок P6 (4°C) и примерок P6* (18°C)

Добиените резултати покажаа дека температурата на зреење во првите 20 дена има влијание врз вијабилноста на пробиотикот. Имено, за примерокот P6 кај кој што процесот на зреење се спроведуваше на температура 4°C се забележа рапидно намалување на концентрацијата на пробиотикот во сирењето на 14-от ден. За разлика од овој примерок, кај примерокот P6*, кај кој што зреењето се одвиваше на температура 18 °C, концентрацијата на пробиотски бактерии остана над прагот од 10⁶ CFU/g. Овие резултатите од нашето истражување укажуваат дека зреење на сирењето на температурата од 18°C во првите 20 дена е соодветен пристап во насока на производство на иновативно пробиотско сирење, кога во улога на матрица за пробиотикот се користи бело саламурено сирење. Изборот на повисоката температура за време на зреењето дал позитивен ефект и во истражувањето на Гонзалес-Оливарес и сор. - González-Olivares et al. (2014), во кое била евалуирана вијабилноста и протеолитичката активност на *Lactobacillus rhamnosus* GG и *Lactobacillus bulgaricus* 2772 за време на зреење на сирењето при 4°C и 14°C во тек на четиринеделен период. Резултатите покажале дека зреењето на 14°C подобро го поддржува опстанокот на *Lactobacillus rhamnosus* GG.

На Графикон бр. 2 се прикажани резултатите за присуството на пробиотикот LGG во примероците P3* и P6*, односно кај примероците сирења чија технолошка шема се

разликува во концентрацијата на сол во солило во која зрееа и се чуваа примероците (3% и 6%, соодветно).



Графикон бр. 2: Вијабилност на *Lactobacillus rhamnosus* GG во матрици на бело саламурено сирење при различна концентрација на сол во солилото: примерок P3* (3%) и примерок P6* (6%)

И покрај тоа што иницијално (првиот ден) пробиотикот беше присутен со повисока концентрација во примерокот P6* ($1,40 \times 10^8$ CFU/g), во сите други денови во текот на зреењето и чувањето беа утврдени пониски концентрации на LGG за овој примерок споредено со вредностите определени за примерокот P3*. Иницијалната концентрација на LGG во примерокот P3* беше $1,05 \times 10^8$ CFU/g. Добиените резултати индицираат дека повисоката концентрација на сол во солилото (6%) кај примерокот P6* може да има инхибиторно дејство и да влијае негативно на опстанокот на пробиотикот во сирењето. Сепак, важно е да се наведе дека до 60-тиот ден концентрацијата на пробиотски бактерии и во двете серии примероци (P3* и P6*) остана над прагот од 10^6 CFU/g. И други автори, кои работеле на додавање на пробиотски култури во матрици на сирење имаа регистрирано пад на концентрацијата на пробиотиците при примена на релативно високи концентрации на сол. Во студијата на Хадад и сор. - Haddad et al. (2015), во услови на производство на меко бело сирење со додадени *L. acidophilus*, *B. lactis* или двете пробиотски култури и примена на концентрација на NaCl (7%), било забележано дека иако кај поголемиот дел од примероците пробиотиците биле присутни со над 10^6 CFU/g по првата недела, нивното присуство се намалило под оваа граница по две недели.

Во нашето истражување, спроведената анализа за микробиолошка безбедност на сирењето го потврди отсуството на *Listeria monocytogenes*, стафилококи (*Staphylococcus aureus* и други видови) како и *Escherichia coli* во примероците. Отсуството на патогени бактерии во белото саламурено сирење збогатено со *Lactobacillus rhamnosus* GG го прават овој производ безбеден за консумирање.

5. Заклучок

Производството на пробиотски сирења претставува предизвик, главно поради стабилноста на пробиотиците која е под влијание на повеќе фактори, меѓу кои се рН-вредноста, содржината на сол, видот на бактериските соеви, микробните интеракции и температурата на зреење и чување на производот. Резултатите од нашето истражување покажаа дека температурата на зреење има влијание врз вијабилноста на пробиотикот *Lactobacillus rhamnosus* GG инкорпориран во бело саламурено сирење. При избор на

температурата на зреење на сирењето од 18°C, концентрацијата на пробиотски бактерии во примероците остана над прагот од 10⁶ CFU/g. Исто така, резултатите индицираа дека повисоката концентрација на сол во солилото (6%) може да влијае негативно на вијабилноста на пробиотикот во сирењето. Генерално, истражувањето покажа дека белото саламурено сирење, како популарен и традиционален производ претставува потенцијална матрица за пробиотски апликации при производство на иновативни пробиотски сирења. Ова истражување придонесува кон пошироко разбирање на вијабилноста на пробиотиците, како и влијанието на условите на преработка и складирање врз опстанокот и развојот на пробиотските бактерии во овој ферментиран производ. Идните експерименти би било оправдано да се насочат кон оптимизација на надворешните фактори, меѓу кои концентрацијата на солениот раствор, температурата на зреење и складирање, инкорпорирање на повисоки почетни концентрации на *Lactobacillus rhamnosus* GG во производот, додаток на правилно селектиран пребиотик што би обезбедил симбиотски ефект во системот итн., со цел за да се обезбеди доволен број на вијабилни пробиотски клетки во текот на рокот на траење на сирењето.

Благодарност

Авторите изразуваат благодарност на производниот тим на млекарата ИМВ Доо Битола, производител на производи под брендот VEMILK, за подршката при производството на пробиотското сирење.

Користена литература

- Aggarwal, A., Parmar, A., Panigrahi, S. P., Verma, T., Dhyano, P., Bajya, S. L., & Singh, M. K. (2024). Exploring the probiotic and prebiotic dynamics of cheese: An updated review. *Annals of Phytomedicine*, 13(1), 360–369. <http://dx.doi.org/10.54085/ap.2024.13.1.36>
- Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1542–1553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>
- Azambuja, N. C., Zacarchenco, P. B., Fleuri, L. F., Andrade, J. C., Moreno, I., Van Dender, A. G. F., & Gallina, D. A. (2013). Characterization of fresh cheese with addition of probiotics and prebiotics. *Journal of Life Sciences*, 7(2), 189-195.
- Bergamini, C. V., Hynes, E. R., Quiberoni, A., Suárez, V. B., & Zalazar, C. A. (2005). Probiotic bacteria as adjunct starters: Influence of the addition methodology on their survival in a semi-hard Argentinean cheese. *Food Research International*, 38(5), 597–604. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.11.013>
- Bintsis, T., Alichanidis, E., Uzunsoy, İ., Özer, B., Papademas, P., Radulovic, Z., & Miocinovic, J. (2018). White-Brined Cheeses. In Papademas, P. & Bintsis, T. (Eds.), *Global cheesemaking technology: Cheese quality and characteristics* 1st Ed. (pp. 349-367). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., & Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104 (4), 467–483. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.031>
- Capurso, L. (2019). Thirty years of *Lactobacillus rhamnosus* GG: A review. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 53(1), S1–S41. <https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000001170>
- Dabevska-Kostoska, M., Velickova, E., Kuzmanova, S., & Winkelhausen, E. (2015). Traditional white brined cheese as a delivery vehicle for probiotic bacterium *Lactobacillus casei*. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 34(2), 343–350.
- Damián, M. R., Cortes-Perez, N. G., Quintana, E. T., Ortiz-Moreno, A., Garfias Noguez, C., Cruceño-Casarrubias, C. E., Sánchez Pardo, M. E., & Bermúdez-Humarán, L. G. (2022).

Functional foods, nutraceuticals and probiotics: A focus on human health. *Microorganisms*, 10(5), 1065, 1-13. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10051065>

Danylenko, S., Bondarchuk, V., Khablenko, A., Lukianets, A., Kozlovska, G., & Kopylova, K. (2023). Authentic cheeses: Microbiology, starters, and technological aspects of production. *Food Science & Technology*, 17(3), 43-53. <https://doi.org/10.15673/fst.v17i3.2654>

de Melo Pereira, G. V., de Oliveira Coelho, B., Júnior, A. I. M., Thomaz-Soccol, V., & Soccol, C. R. (2018). How to select a probiotic? A review and update of methods and criteria. *Biotechnology Advances*, 36(8), 2060–2076. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.09.003>

Gutiérrez Coronado, K. A., García-Torres, S. M., Caldas-Cueva, J. P., & Ludeña-Urquiza, F. E. (2025). Physicochemical, textural properties, and lactic acid bacteria counts of Peruvian fresh cheese with added probiotic cultures. *Brazilian Journal of Food Technology*, 28, 1-12. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.05424>

Haddad, M. A., Yamani, M., & Abu-Alruz, K. (2015). Development of a probiotic soft white Jordanian cheese. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(7), 1382–1391.

Hanlon, M., Choi, J., Goddik, L., & Park, S. H. (2022). Microbial and chemical composition of Cheddar cheese supplemented with prebiotics from pasteurized milk to aging. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2058–2068. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21167>

Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Berni Canani, R., Flint, H. J., Salminen, S., & Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 11(8), 506–514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>

Homayouni, A., Ansari, F., Azizi, A., Pourjafar, H., & Madadi, M. (2018). Cheese as a potential food carrier to deliver probiotic microorganisms into the human gut: A review. *Current Nutrition and Food Science*, 14, 1-13. <https://doi.org/10.2174/1573401314666180817101526>

Hyseni, V., Hyseni, A., & Nikolovska Nedelkoska, D. (2025). Probiotic white cheese – survival of probiotics as a challenge in the production of innovative cheeses. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 51, 3–8.

Karimi, R., Mortazavian, A. M., & Da Cruz, A. G. (2011). Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: A review. *Dairy Science & Technology*, 91(3), 283–308. <https://doi.org/10.1007/s13594-011-0005-x>

Karimi, R., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (2012). Review article: Sensory characteristics of probiotic cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5), 437–452. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00194.x>

Lollo, P. C. B., Cruz, A. G., Morato, P. N., Moura, C. S., Carvalho-Silva, L. B., Oliveira, C. A. F., Faria, J. A. F., & Amaya-Farfan, J. (2012). Probiotic cheese attenuates exercise-induced immune suppression in Wistar rats. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3549–3558. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5124>

Mahalak, K. K., Firman, J., Bobokalonov, J., Narrowe, A. B., Bittinger, K., Daniel, S., Tanes, C., Mattei, L. M., Zeng, W.-B., Soares, J. W., Kobori, M., Lemons, J. M. S., & Tomasula, P. M., & Liu, L. (2022). Persistence of the probiotic *Lactocaseibacillus rhamnosus* strain GG (LGG) in an in vitro model of the gut microbiome. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21), 1-14. <https://doi.org/10.3390/ijms232112973>

Mahmoudi, M., Khosrowshahi Asl, A., & Zomorodi, S. (2012). The influence of probiotic bacteria on the properties of Iranian white cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 65(4), 561–567. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2012.00854.x>

Mathipa-Mdakane, M. G., & Thantsha, M. S. (2022). *Lactocaseibacillus rhamnosus*: A suitable candidate for the construction of novel bioengineered probiotic strains for targeted pathogen control. *Foods*, 11(6), 785, 1-28. <https://doi.org/10.3390/foods11060785>

- Mazlum, H., & Atasever, M. (2023). Probiotic cheese as a functional food. *Asian-Australasian Journal of Food Safety and Security*, 7(1), 20–32. <https://doi.org/10.3329/aajfss.v7i1.65482>
- Özer, B., Kirmaci, H. A., Şenel, E., Atamer, M., & Hayaloğlu, A. (2009). Improving the viability of *Bifidobacterium bifidum* BB-12 and *Lactobacillus acidophilus* LA-5 in white-brined cheese by microencapsulation. *International Dairy Journal*, 19(1), 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.07.001>
- Pandey, K., Naik, S., & Vakil, B. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics – a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577–7587. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1921-1>
- Pitino, I., Randazzo, C. L., Cross, K. L., Parker, M. L., Bisignano, C., Wickham, M. S., Mandalari, G., & Caggia, C. (2012). Survival of *Lactobacillus rhamnosus* strains inoculated in cheese matrix during simulated human digestion. *Food Microbiology*, 31(1), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.02.013>
- Prezzi, L. E., Lee, S. H., Nunes, V. M., Corassin, C. H., Pimentel, T. C., Rocha, R. S., Ramos, G. L. P. A., Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Duarte, M. C. K. H., Freitas, M. Q., Esmerino, E. A., Silva, M. C., Cruz, A. G., & Oliveira, C. A. (2020). Effect of *Lactobacillus rhamnosus* on growth of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in a probiotic Minas Frescal cheese. *Food Microbiology*, 92, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103557>
- González-Olivares, L. G., López-Cuellar, Z. L., Añorve-Morga, J., Franco-Fernández, M. J., Castañeda-Ovando, A., Ordaz, J. J., & Rodríguez-Serrano, G. M. (2014). Viability and proteolytic capacity of *Lactobacillus bulgaricus* 2772 and *Lactobacillus rhamnosus* GG during cheese ripening. *Journal of Biosciences and Medicines*, 2(3), 7–12. <https://doi.org/10.4236/jbm.2014.23002>
- Segers, M. E., & Lebeer, S. (2014). Towards a better understanding of *Lactobacillus rhamnosus* GG–host interactions. In *Microbial Cell Factories*, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S7>
- Thammarutwasik, P., Hongpattarakere, T., Chantachum, S., Kijroongrojana, K., Itharat, A., Reanmongkol, W., Tewtrakul, S., & Ooraikul, B. (2009). Prebiotics – a review. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 31(4), 401-408.
- Valdes, A. M., Walter, J., Segal, E., & Spector, T. D. (2018). Role of the gut microbiota in nutrition and health. *BMJ*, 361(1), 36-44. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2179>
- White-brined cheese “Sirene”. Retrieved from <https://cheeseeu.eu/index.php/en/products/white-brine-cheese-sirene>
- Yerlikaya, O., & Ozer, E. (2014). Production of probiotic fresh white cheese using co-culture with *Streptococcus thermophilus*. *Food Science and Technology*, 34(3), 471–477. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6365>
- Yilmaztekin, M., Özer, B. H., & Atasoy, F. (2004). Survival of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-02 in white-brined cheese. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(1), 53–60. <https://doi.org/10.1080/09637480310001642484>