

WILHELM, B., RAJIC, A., WADDELL, L., PARKER, S., HARRIS, J., ROBERTS, K. C., KYDD, R., GREIG, J., BAYNTON, A. (2009): Prevalence of Zoonotic or Potentially Zoonotic Bacteria, Antimicrobial Resistance, and Somatic Cell Counts in Organic Dairy Production: Current Knowledge and Research Gaps. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6, 5, s. 1–15. DOI: 10.1089/fpd.2008.0181

Korespondující autor: prof. Ing. Oto Hanuš, PhD.

Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,
160 00 Praha 6, e-mail: hanus.oto@seznam.cz

Přijato dne: 9. 7. 2022

Lektorováno: 21. 7. 2022

VYUŽITÍ BAKTERIÍ MLÉČNÉHO KVAŠENÍ V BIOLOGICKÉ OCHRANĚ ROSTLIN

Miloslava Kavková¹, Andrea Bohatá²

¹ Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha

² Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích

Potential applications of lactic acid bacteria in biological control of plants

Abstrakt

Bakterie mléčného kvašení a jejich produkty jsou využívány v zemědělských systémech nejen v potravinářském a krmivářském průmyslu, ale v posledních desetiletích také jako agens, která zlepšují stav půdy, celkové fitness rostlin a jako preventivní a přímá ochrana rostlin před bakteriálními a fungálními patogeny. Kmeny BMK z různých zdrojů, v souvislosti s celkovým fitness rostliny a vegetace, disponují kombinací vlastností, které umožňují lepší zpřístupňování živin z kompostů a organické hmoty, stimulují a indukují rezistentní mechanismy rostlin, zlepšují klíčení osiva a regulují výskyt rostlinných patogenů a také zvyšují odolnost rostlin vůči stresu. Tyto vlastnosti jsou podmíněny geny a následně jejich expresí v experimentálních a polních podmínkách. Tato přehledová studie je zaměřena na souhrn aktuálního stavu využití BMK v biologické a integrované ochraně rostlin s cílem rozšířit povědomí a možnosti využití BMK a jejich produktů k přímé či nepřímé regulaci výskytu bakteriálních a houbových chorob rostlin.

Klíčová slova: bakterie mléčného kvašení, biologická ochrana rostlin, biostimulant, rhizosféra, fytoplán, ochrana ovoce a zeleniny

Abstract

Lactic acid bacteria (LAB) and its products are used traditionally in agriculture systems in the foods and

feed industry but also as agents to improve soil quality, plant fitness and preventive and curative plant protection against bacterial and fungal pathogens. Concerning plant and vegetation fitness, the LAB strains of different origins have a spectrum of properties that, besides the plant protection against plant pathogens, improve the accessibility of nutrients from organic matter, stimulation and induction of plant resistance mechanisms, seed germination and stress amelioration. These properties are based on gene regulation and expression under experimental and field conditions. In this review, we focus on the current situation of implementing LAB and its products in direct and indirect regulation of plant pathogens in biological control.

Keywords: Lactic acid bacteria, biological control of plants, biostimulants, rhizosphere, phylloplane, protection of fruits and vegetables

Úvod

Bakterie mléčného kvašení (BMK) jsou známé především jako probiotika, mlékařské a pekařské kultury využívané v potravinářském a krmivářském průmyslu a ve farmacii, humánní a veterinární medicíně. Díky současným poznatkům na úrovni genomiky, proteomiky a biotestů *in vitro* a *in vivo* zaměřených na antimikrobiální a antifungální aktivitu kmenů BMK se rozšiřuje použití BMK jako protektivního agens v biologické ochraně rostlin a rostlinných produktů. BMK mají schopnost pozitivně ovlivňovat růst a vývoj rostlin skrze zlepšení příjmu živin, jako ochranné agens v rámci biologické ochrany vůči cíleným patogenům, zlepšují reakce rostlin na abiotický a biotický stres a také produkují látky, které stimulují růst rostlin (např. produkce kyseliny indolactové). BMK jsou rovněž schopné detoxifikovat mykotoxiny, jež houbové patogeny do rostlin produkují (Sadiq a kol., 2019; Perczak a kol., 2018). Řada druhů BMK přirozeně osidluje půdní prostředí, jako jsou komposty, siláže s dostatečným množstvím organické hmoty, ale také rhizosféru rostlin (Fhoula a kol., 2013). Využití BMK a jejich bioaktivních produktů v biologické ochraně rostlin v tritrofitickém systému rostlina-patogen-BMK je zmapováno zejména vůči bakteriálním patogenům (Daranas Boadella, 2018), houbovým rostlinným patogenům (López-Seijas a kol., 2020) i pro posklizňovou ochranu ovoce a zeleniny (Linarez-Morales a kol., 2018). Důležitým krokem pro využití BMK jako živých funkčních buněk v biologické ochraně rostlin je především screening kmenů BMK, které jsou pro tyto účely vhodné, tj. schopnost přežít ve fytoplánu rostlin a produkce požadovaných bioaktivních látek. Detekce genů pro produkci bioaktivních látek je sice předpokladem toho, že by konkrétní izolát/kmen mohl být v rámci ochrany plodin efektivní, ale je třeba také definovat podmínky, za kterých dojde k reálné expresi těchto genů a k produkci těchto metabolitů v experimentálních podmínkách. Produkce těchto bioaktivních látek *in vitro* (např. bakteriocin, kyselina indolactová

a fenylmléčná) nemusí být zárukou toho, že tyto látky budou produkovány v polních podmínkách (Bonaterra a kol., 2013). Další možností je využít v ochraně rostlin pouze samotné bioaktivní produkty BMK, zpravidla ve formě bioaktivních fermentů (Bettiol a kol., 2008; Crisp a kol., 2006).

Budeme-li na rostlinu nahlížet jako na podzemní kořenovou část, rhizosféru, a nadzemní část, fyloplán, tak pak na obou těchto částech mají BMK své uplatnění ve smyslu podpory růstu rostliny a ochrany před patogeny. Přirozeně se BMK vyskytují na rostlinách v nízkých koncentracích, v závislosti na sacharidech na povrchu a v exudátech rostlin. Jejich role v přirozených podmínkách není zcela jasná, ale je známo, že se vyskytují na povrchu (epifyty) i uvnitř rostlin (endofyty) (Duar a kol., 2017).

Bakterie mléčného kvašení jako součást rhizosféry

V rhizosféře jsou majoritně zastoupeny bakterie (10^8 – 10^9 KTJ.g⁻¹ půdy), z čehož většinu zaujímají G-bakterie a rhizobakterie (Strafella a kol., 2021). Rhizobakterie, které jsou v symbiotickém či mutualistickém

vztahu s rostlinami, podporují jejich růst a vývoj, se také označují jako „rhizobakterie podporující růst rostlin“ (z anglického Plant Growth Promoting Rhizobacteria), označují se též zkratkou PGPR. Mezi dominantní rody PGPR bakterií patří zejména rody *Bacillus* sp. a *Pseudomonas* sp. (Enebe a kol., 2019; Kim a Anderson, 2018; Beneduzzi a kol., 2012). Současné studie založené na pokročilých molekulárních metodách potvrdily i jiné druhy PGPR bakterií v rhizosféře různých plodin, včetně BMK, které jsou však přirozeně v rhizosféře rostlin zastoupeny v nižších počtech (Duar a kol., 2017). Druhové spektrum spojené s rhizosférou je bohaté a zahrnuje rody *Lactobacillus* sp.*, *Lactococcus* sp., *Enterococcus* sp., *Leuconostoc* sp. a *Weissella* sp. (Chen a kol., 2005). Na základě benefitů, které BMK poskytují rostlinám, jako je podpůrná tvorba aminokyselin, chlorofylu, ochranný účinek vůči fytopatogenním bakteriím a houbám, lepší klíčivost semen, jsou BMK v rhizosféře považovány také za PGPR bakterie. Přirozeně se BMK vyskytují více v kompostech, kde díky fermentačním pochodům a produkci organických kyselin zpřístupňují živiny pro rostliny, např. fosfor (Giassi a kol. 2016), u třech druhů laktobacilů byla prokázána tvorba siderofórů (Shrestha a kol., 2014). PGPR bakterie, včetně BMK, zvyšují také

Tab. 1 Příklady testování a praktického použití kmenů bakterií mléčného kvašení a jejich metabolitů v rámci biologické ochrany rostlin. V tabulce jsou uvedeny aktuálně platné rodové názvy nahrazující rodový název *Lactobacillus* sp. u studií před rokem 2020.

Druh	Kmen	Patogen	Rostlina	Reference
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	PM411R TC92R	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>actinidia</i> <i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i> <i>Xanthomonas fragariae</i>	Kiwi Švestka Jahodník	Daranas a kol., 2018
	ATCC 14917	<i>Botrytis cinerea</i>	Vinná réva – bobule	Marín a kol., 2019
	30 kmenů původem z kvasů	<i>Botrytis cinerea</i>	Kiwi plody	De Simone a kol., 2021
	BX62	<i>Salmonella</i> sp. <i>Escherichia coli</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	Jablka	Zhao a kol., 2021
	MAU80174	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. niger</i> <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Penicillium expansum</i> <i>P. chrysogenum</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i>	Jablka	Li a kol., 2021
	LAB-C5	<i>Colletotrichum capsici</i>	Paprika	El-Mabroc a kol., 2012
	TC92, PM411	<i>Erwinia amylovora</i>	Hrušně	Roselló a kol., 2017
	C10	<i>Trichothecium roseum</i>	Meloun	Xinran a kol., 2018
	MV-1	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium brevicompactum</i>	Vinná réva	Gobbi a kol., 2020
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	SLG17 FLN13	<i>Fusarium</i> sp.	Pšenice	Baffoni a kol., 2015
<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Leuconostoc lactis</i>	F17 H52	<i>Botrytis cinerea</i>	Stolní hrozny	Fang a kol., 2020
<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> <i>Lentilactobacillus hilgardii</i> <i>Lactocaseibacillus paracasei</i> <i>Lactococcus lactis</i>	LPAUV12 LPLUV10	<i>Bacillus</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp. <i>Fusarium oxysporum</i>	Rajčata	López-Seijaz a kol., 2019
Směs BMK	36 kmenů BMK	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium fujikuroi</i>	Papaya	Valencia Henanzas a kol., 2021
<i>Levilactobacillus brevis</i>	JJ2P	<i>Zymoseptoria tritici</i>	Pšenice	Lynch a kol., 2016
<i>Brevibacillus brevis</i>	Leaf182	<i>Botrytis cinerea</i>	Čínské zelí	Edwards a Seddon, 2001

u rostlin odolnost vůči environmentálnímu stresu (např. sucho, zasolení půd). Rostliny inokulované laktobacily produkují ve stresových podmínkách ochranné metabolity (prolin, peroxidázy), které je chrání před účinky nadměrného zasolení (Lamont a kol., 2017; Phoboo a kol., 2016). BMK působí také na rostliny jako biostimulanty, tj. zlepšují jejich růst a vývoj, protože produkují růstové hormony, jako jsou cytokininy a kyselina indolctová (Giassi a kol., 2016; Lamont a kol., 2017). Antimikrobiální a antifungální aktivita vůči bakteriálním a houbovým rostlinným patogenům je významným potenciálem BMK, pro který jsou různé kmeny a druhy BMK testovány a využívány v biologické nebo integrované ochraně rostlin (tabulka 1). Biologická ochrana rostlin s využitím BMK je funkční jak v rhizosféře, tak ve fyloplánu rostlin. Definice charakterizuje biologické protektivní agens jako „živý mikroorganismus“, který v definovaném množství podporuje „zdraví hostitele“ (Hill a kol., 2014; Legein a kol., 2020). Zahrnuje tedy nejenom přímé působení na patogenní bakterie a houbové organismy, ale rostlině poskytuje i řadu dalších podpůrných výhod ve smyslu získané systémové (SAR) a indukované systémové rezistence (ISR), aktivace obranných mechanismů a stresové tolerance (Enebe a kol., 2019; Lamont a kol., 2017).

Využití protektivních účinků BMK, jako PGPR, je založeno na obalování a moření osiva. BMK a jejich produkty mohou působit nejen jako přímá ochrana citlivé fáze klíčících rostlin před patogenními bakteriemi a vláknitými houbami (Lutz a kol., 2012), ale také se mohou dostávat do vodivých pletiv jako endofyty a svou protektivní funkci uplatňují pak i při růstu a vývoji rostliny (Pontonio a kol., 2018; Minervini a kol., 2015). Cílené moření osiva BMK bylo úspěšně testováno na řadě rostlin za účelem jejich přímé ochrany vůči bakteriálním a houbovým patogenům a vyvolání rezistentních mechanismů u rostlin. Osivo je buď obalováno suspenzí BMK s karboxymethylcelulózou, či škrobem a kyselinou olejovou, nebo se osivo před vysetím nechá nabobtnat v suspenzi BMK. Moření osiva suspenzí obsahující inokulum *Lactobacillus sakei* v kombinaci s pediokoky bylo odzkoušeno laboratorně i v polních podmínkách na jarní pšenici. Moření osiva pomocí BMK bylo efektivní zejména vůči patogenům rodu *Fusarium* sp. ve fázi vzcházení a raného růstu a vývoje pšenice (Suproniene a kol., 2015). Vyšší odolnost rostlin rajčat vůči bakterióze *Ralstonia solanacearum* po ošetření osiva *Lactobacillus paracasei* byla popsána Konappa a kol. (2017). Ošetření osiva rajčat různými kmeny *Lactobacillus plantarum* formou nabobtnání osiva v suspenzi BMK významně podpořilo růst a fitness rostlin (Limaňska a kol., 2013) a na kořenech mrkve ošetření *L. plantarum* významně omezilo výskyt bakterie *Agrobacterium tumefaciens*** a potlačilo výskyt symptomů (Limaňska a kol., 2015). Ošetření osiva BMK se také provádí v rámci biofortifikovaných potravin, kdy se BMK dostávají do klíčků rostlin, určených ke konzumaci. BMK chrání výhonky

před houbovými patogeny a bakteriemi a uplatňují i svou probiotickou funkci ve výživě (Świeca a kol., 2018). Obdobně při pěstování zeleniny v Asii, je inokulace BMK využívána k ochraně brukvovitých zelenin určených pro fermentaci (tradiční způsob zpracování) a předpokládá se, že BMK navíc uplatňují jak ochranný efekt vůči dané rostlině, tak fermentační vlastnosti při finálním kvašení zeleniny (Dong a kol., 2020).

Bakterie mléčného kvašení jako součást fyloplánu

Fyloplán rostlin je obecně osidlován mikrobiálními komunitami v závislosti na druhu rostliny, fenologické fázi, počasí, a okolních environmentálních podmínkách (zástava, les, louka etc.). Bakterie, kvasinky a vláknité houby se na povrch rostlin dostávají prouděním vzduchu, mlhou, deštěm a zoochorně (přenos hmyzem, slímáky). Povrch rostliny je relativně chudý na živiny. Cukry, které se na povrchu listů vyskytují (sacharóza, glukóza, fruktóza), poskytují živné prostředí pro epifytické druhy převážně rodu *Pseudomonas* sp., *Sphingomonas* sp. a *Methylobacterium* sp. (Ryffel a kol., 2016). Druhy BMK, které jsou přirozeně zastoupeny v endofytické a epifytické mikroflóře rostlin, náleží do rodů *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., *Enterococcus* sp., a *Lactococcus* sp. (Minervini a kol., 2015). Přirozená přítomnost BMK v pekařských kvasech je rovněž důsledkem přirozeného výskytu laktobacilů na povrchu a v obilkách obilnin, z nichž pochází mouka pro kvasy (Minervini a kol., 2018). Ošetření nadzemních částí rostlin BMK v rámci cílené ochrany vůči bakteriálním a houbovým patogenům bylo testováno na řadě plodin (tabulka 1). Mechanismus účinku kmenů BMK není zmíněn vždy u všech studií, ale zpravidla je založen na produkci baktericidních metabolitů, kyseliny indolctové, elicitorů systemické a indukované rezistence, organických kyselin, antifungálních proteinů či peptidů. Přímá regulace bakteriálních a houbových patogenů rostlin ve fyloplánu pomocí BMK je založena na antibióze, produkci hydrolytických enzymů (např. chitinázy), quorum sensing, kompetici o živiny a prostor a tvorbě sideroforů (Legein a kol., 2020). Nepřímá regulace souvisí s indukcí obranných mechanismů rostliny a indukovanou systémovou rezistencí. Jak již bylo uvedeno, BMK produkují řadu antimikrobiálních a antifungálních látek, které nejenom působí přímo na patogeny, ale také aktivují rezistentní mechanismy rostlin. Princip biologické ochrany nespočívá v totální eliminaci patogenního organismu, ale jen v jeho regulaci na ekonomicky udržitelnou úroveň. Působení BMK vůči bakteriím a houbovým organismům není zcela stejné. Kmeny, které potlačují bakterie, nemusí nutně potlačovat houbové organismy, a naopak, i když ideální z hlediska praktického využití, je najít kmen s univerzálním účinkem, nebo použití efektivní kombinace více kmenů, jak je uvedeno v několika studiích (např. López-Seijas a kol., 2019; De Simone a kol., 2021).

Bakterie mléčného kvašení jako ochranné agens plodů

Kromě moření osiva a aplikace suspenze na povrch rostlin, se také BMK aplikují na povrch ovoce a zeleniny v rámci jejich bezpečného skladování. V případě čerstvě krájeného ovoce v prodejních řetězcích s omezenou dobou skladování (jablka, ananas, melouny) se na těchto plodech uchycují zejména bakteriální kontaminanty, jako například *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Campylobacter* sp., *Clostridium* sp., původci vážných zdravotních potíží. Aplikace BMK jako ochranného agens je zpravidla posílena ještě bezpečnou obalovou technikou, jako je například ochranná atmosféra (Agriopoulou a kol., 2020). K ochraně čínské zelené saláty a čerstvých míchaných salátů z ovoce a zeleniny byly například úspěšně testované kmeny druhů jako *Lactiplantibacillus plantarum**, *L. casei*, *L. rhamnosus* a jejich produkty ve formě permeátů (Dong a kol., 2020, Lokerse a kol., 2016). Kombinace kmenů *L. plantarum*, *Weisella* sp. a *Lactococcus lactis* byly úspěšně použity k ošetření krájených a poškozených jablek a kombinace zcela inhibovala výskyt druhu *Listeria monocytogenes*. Trvání ochranného efektu se v závislosti na druhu ovoce a zeleniny a použitých kmenů BMK pohybuje v rozmezí od 6 do 20 dní (Agriopoulou a kol., 2020).

Perspektivy a limity použití BMK v biologické ochraně rostlin

Jak již bylo zmíněno, BMK mohou přímo interagovat s nežádoucími rostlinnými patogeny (antibióza, kompetice) a zároveň modulovat rezistentní mechanismy rostlin a ovlivňovat tak celkové fitness rostliny. Praktické využití těchto mechanismů závisí především na výběru vhodného kmene BMK, což zahrnuje podrobnou a pečlivou práci na úrovni *in vitro* testů, genomických a proteomických analýz. Výběr a testování kmenů BMK *in vivo* na rostlinách v polních podmínkách může přinést zcela odlišné výsledky od laboratorních testů. S ohledem na praktické použití je třeba otestovat vlastnosti daného kmene vůči rezidentním mikroorganismům, vyskytujícím se běžně ve fyloplánu rostlin (saprofyté, komenzálové) a sledovat, zda je daný kmen schopný přežít a šířit se na rostlině a zda je schopen produkovat požadované metabolity v polních podmínkách. Možnou variantou je také ošetřit rostliny pouze produkty BMK, tj. fermenty, které obsahují antimikrobiální či antifungální látky. V tomto případě je třeba otestovat stabilitu metabolitů, a také zohlednit nosné medium fermentu, které by mohlo například kvůli obsahu cukrů zvyšovat možnou kontaminaci nežádoucími mikroorganismy. Aplikace charakterizovaných kmenů BMK, mořením či postřikem, může být vhodnou alternativou biologické ochrany či součástí integrované ochrany rostlin v rámci ekologického zemědělství.

Poděkování:

Práce vznikla za finanční podpory projektů MZe NAZV Země QK22010255 a MZe RO 1422.

Vysvětlivky:

* starší studie používají shodně rodový název *Lactobacillus* sp., ke specifickým změnám rodových názvů dochází až po roce 2020.

** Současný název – *Agrobacterium radiobacter*

Zkratky:

BMK	Bakterie mléčného kvašení
ISR	Indukovaná systemická rezistence
SAR	Systemicky získaná rezistence
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria (rhizobakterie podporující růst rostlin)

Slovníček pojmů:

Rhizosféra (rhizoplán) - oblast povrchu a nejbližšího okolí kořenů rostlin, popřípadě i půda, která je jimi prostoupena a ovlivněna (odsáváním, vyměšováním).

Fyloplán (fylosféra) – nadzemní část rostliny

SAR (ang. Systemic Acquired Resistance) – získaná systémová rezistence. Pomocí vnějších podnětů dochází k aktivaci genů (PR-geny) a k produkci signálních molekul (kyselina salicylová, skořicová např.), které aktivují buněčné bariéry vůči virům, bakteriím a houbám.

ISR (ang. Induced Systemic Resistance) – indukovaná systémová rezistence – stav, kdy působením vnějších stimulů dojde ke zvýšení obranyschopnosti rostliny vůči stresovým faktorům či patogenním mikroorganismům. Signální molekuly jsou např. kyselina jasmonová a ethylen. Není podmíněna aktivací PR-genů.

Siderofory – extracelulární produkty bakterií, které chelatickou vazbou poutají železo (Fe³⁺).

Exudát – metabolit vylučovaný rostlinou přes kořenový systém do půdy nebo nadzemní částí na povrch listů, stonků a květů

Elicitor – signální molekula patogenního organismu, která indukuje u hostitelské rostliny tvorbu obranných mechanismů (např. spouští produkci fytoalexinů)

Seznam literatury:

- AGRIPOULOU, S. et al. (2020): Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects. *Microorganisms*, 8, s. 1–24.
- BAFFONI L. et al. (2015): Microbial inoculants for the biocontrol of *Fusarium* spp. in durum wheat. *BMC Microbiology*, 15, s. 242.
- BETTIOL, W. et al. (2008): Effectiveness of whey against zucchini squash and cucumber powdery mildew. *Scientia Horticulturae*, 117 (1), s. 82–84.
- BONATERRA A. et al. (2012): Prospects and limitations of microbial pesticides for control of bacterial and fungal pomefruit tree diseases. *Trees*, 26, s. 215–226.
- CRISP, P. et al. (2006): Mode of action of milk and whey in the control of grapevine powdery mildew. *Australasian Plant Pathology*, 35 (5), s. 487–493.
- DARANAS BOADELLA, N. (2018): Biological control of quarantine bacterial plant diseases with *Lactobacillus plantarum* strains. Improvement of fitness and monitoring. Università de Girona, s. 184.
- DE SIMONE, N. et al. (2021): Screening of Lactic Acid Bacteria for the Bio-Control of Botrytis cinerea and the Potential of *Lactiplantibacillus plantarum* for Eco-Friendly Preservation of Fresh-Cut Kiwifruit. *Microorganisms*, 9, s. 773.
- DONG, Q. et al. (2020): Influence of *Lactobacillus plantarum* individually and in combination with low O2-MAP on the pathogenic potential of *Listeria monocytogenes* in cabbage. *Food Control*, 107, s. 106765.
- DUAR, R.M. et al. (2017): Lifestyles in transition: evolution and natural history of the genus *Lactobacillus*. *FEMS Microbiol. Rev.*, 1, 41, s. S27–S48.
- EDWARDS, S. G. et al. (2001): Mode of antagonism of *Brevibacillus brevis* against *Botrytis cinerea* *in vitro*. *J. Appl. Microbiol.*, 91, 652–659.

- EL-MABROC, A.S. et al. (2012): Screening of lactic acid bacteria as biocontrol against *Colletotrichum capsicum* on Chilli Bangi. *Research Journal of Applied Sciences*, 7, s. 466–673.
- ENEBE, M.C., BABALOLA, O.O. (2019): The impact of microbes in the orchestration of plants' resistance to biotic stress: a disease management approach. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 103, s. 9–25.
- FHOULA, I. et al. (2013): Diversity and antimicrobial properties of lactic acid bacteria isolated from rhizosphere of olive trees and desert truffles of Tunisia. *BioMed Research International*, s. 1–14.
- FANG, X. et al. (2020): Products of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strain F17 and *Leuconostoc lactis* strain H52 are biopreservatives for improving postharvest quality of 'Red Globe' grapes. *Microorganisms*, 8, s. 656.
- GIASSI, V. et al. (2016): Bacteria as growth-promoting agents for citrus rootstocks. *Microbiol. Res.*, 190, s. 46–54.
- SHRESTHA, A. et al. (2014): Biological control of bacterial spot disease and plant growth-promoting effects of lactic acid bacteria on pepper. *Biocontrol Science and Technology*, 24, s. 763–779.
- GOBBI, A. et al. (2020): Seasonal epiphytic microbial dynamics on grapevine leaves under biocontrol and copper fungicide treatments. *Scientific Reports.*, 10, s. 1–13.
- CHEN, Y.-S. et al. (2005): Isolation and identification of lactic acid bacteria from soil using an enrichment procedure. *Letters in Applied Microbiology*, 40, s. 195–200.
- KONAPPA, N. M. et al. (2016): Lactic acid bacteria mediated induction of defense enzymes to enhance the resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* causing bacterial wilt. *Scientia Horticulturae.*, 207, s. 183–192.
- LAMONT, J.R. et al. (2017): From yogurt to yield: Potential applications of lactic acid bacteria in plant production. *Soil Biol. Biochem.*, 111, s. 1–9.
- LEGEIN, M. et al. (2020): Modes of Action of Microbial Biocontrol in the Phyllosphere. *Front Microbiol.*, 11, s.1–17.
- LI, C. et al. (2018): Screening for *Lactobacillus plantarum* Strains That Possess Organophosphorus Pesticide-Degrading Activity and Metabolic Analysis of Phosphate Degradation. *Front. Microbiol.*, 9, s. 1–13.
- LIMANSKA, N. et al. (2013): Effect of *Lactobacillus plantarum* on germination and growth of tomato seedlings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, s. 1587–1585.
- LIMANSKA, N. et al. (2015): Study of the Potential Application of Lactic Acid Bacteria in the Control of Infection Caused by *Agrobacterium tumefaciens*. *J. Plant Pathol. Microb.*, (6), 292, s. 3–9.
- LINARES-MORALES JOSÉ R. et al. (2018): Biocontrol Processes in Fruits and Fresh Produce, the Use of Lactic Acid Bacteria as a Sustainable Option. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, s. 1–13.
- LOKERSE, R.F.A. et al. (2016): Growth capacity of *Listeria monocytogenes* in ingredients of ready-to-eat salads. *Food Control*, 60, s. 338–345.
- LÓPEZ-SEIJAS, J. et al. (2020): Wine Lactic Acid Bacteria with Antimicrobial Activity as Potential Biocontrol Agents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Agronomy*, 10, s. 25–31.
- LUTZ, M.P. et al. (2012): Lactic acid bacteria as biocontrol agents of soil-borne pathogens. *Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens IOBC-WPRS Bull.*, 78, s. 285–288.
- LYNCH, K. et al. (2016): Control of *Zymoseptoria tritici* cause of septoria tritici blotch of wheat using antifungal *Lactobacillus* strains. *Journal of applied microbiology*, 121, s. 485–494.
- LV, X. et al. (2018): Antifungal activity of *Lactobacillus plantarum* C10 against *Trichothecium roseum* and its application in promotion of defense responses in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. *J Food Sci Technol.*, 55 (9), 3703–3711.
- MARÍN, A. et al. (2019): Lactic Acid Bacteria Incorporated into Edible Coatings to Control Fungal Growth and Maintain Postharvest Quality of Grapes. *HortScience*, 54, s. 1–18.
- MINERVINI, F. et al. (2018): Wheat endophytic lactobacilli drive the microbial and biochemical features of sourdoughs. *Food Microbiol.*, 70, s. 162–171.
- MINERVINI, F. et al. (2015): Lactic acid bacteria in durum wheat flour are endophytic components of the plant during its entire life cycle. *Appl. Environ. Microbiol.*, 81, s. 6736–6748.
- PERCZAK, A. et al. (2018): The efficiency of lactic acid bacteria against pathogenic fungi and mycotoxins. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*, 69 (1), s. 32–45.
- PHOBOO, S. et al. (2016): Improving salinity resilience in *Swertia chirayita* clonal line with *Lactobacillus plantarum*. *Canadian Journal of Plant Science*, 96 (1), s. 117–127.
- PONTONIO, E. et al. (2018): Dynamic and Assembly of Epiphyte and Endophyte Lactic Acid Bacteria During the Life Cycle of *Origanum vulgare* L. *Front. Microbiol.*, 9, s. 1–16.
- ROSELLÓ, G. et al. (2013): Biological control of fire blight of apple and pear with antagonistic *Lactobacillus plantarum*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 137, s. 621–633.
- RYFFEL, F. et al. (2016): Metabolic footprint of epiphytic bacteria on *Arabidopsis thaliana* leaves. *ISME J.*, 10, s. 632–643.
- SADIQ, F.A. et al. (2019): Lactic acid bacteria as antifungal and anti-mycotoxigenic agents: A comprehensive review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 18, s. 1403–1436.
- SHAMEER SYED, N.V.K.V. et al. (2020): *Aspergillus* and *Fusarium* control in the early stages of *Arachis hypogaea* (groundnut crop) by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) consortium. *Microbiological Research*, 240, s. 1–5.
- STRAFELLA, S. et al. (2021): Comparative Genomics and In Vitro Plant Growth Promotion and Biocontrol Traits of Lactic Acid Bacteria from the Wheat Rhizosphere. *Microorganisms*, 9, s. 1–78.
- SUPRONIENE, S. et al. (2015): Seed treatment with lactic acid bacteria against seed-borne pathogens of spring wheat. *Biocontrol Science and Technology*, 25, s. 144–154.
- SWIECA, M. et al. (2019): Nutritional quality of fresh and stored legumes sprouts – effect of *Lactobacillus plantarum* 299v enrichment. *Food Chemistry*, 288, s. 325–332.
- SWIECA, M. et al. (2018): *Lactobacillus plantarum* 299V improves the microbiological quality of legume sprouts and effectively survives in these carriers during cold storage and *in vitro* digestion. *PLoS ONE*, 13, s. e0207793.
- VALENCIA-HERNÁNDEZ, L. et al. (2021): In-vitro assessment for the control of *Fusarium* species using a lactic acid bacterium isolated from yellow pithaya (*Selenicereus megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel Moran)). *Journal of Integrative Agriculture*, 20, s. 159–167.
- ZHAO, Q. et al. (2021): The Effect of *Lactiplantibacillus plantarum* BX62 Alone or in Combination with Chitosan on the Qualitative Characteristics of Fresh-Cut Apples during Cold Storage. *Microorganisms*, (9), s. 2–17.

Korespondující autor: Ing. Miloslava Kavková, Ph.D.

Výzkumný ústav mlékarenský s.r.o., Ke Dvoru 12a,

160 00 Praha 6, email: m.kavkova@vum-tabor.cz

Přijato dne: 20. 6. 2022

Lektorováno: 12. 7. 2022