senzorických vad spojených mj. se zvýšeným výskytem koliformních bakterií, kvasinek či plísní. Z hlediska praní a dezinfekce je mikrobiální kontaminace plachetek ovlivňována zejména materiálem plachetek, teplotou praní, množstvím usazenin, cupaniny a dalších nečistot v pračce a nakládáním s naředěným dezinfekčním roztokem v lázni pro plachetky (udržování požadované koncentrace aktivních látek, frekvence výměny roztoku, způsob čištění lázně, apod.). Doporučit lze, aby byly pravidelná mikrobiologická kontrola plachetek, praček a dezinfekčních lázní, včetně sledování trendů, zahrnuty do systémů jištění bezpečnosti sýrů, jako je např. HACCP. Vhodný způsob praní a dezinfekce a vhodné způsoby ošetřování praček a dezinfekčních lázní jsou pak ty, které dlouhodobě poskytují dobré výsledky.

Poděkování

Tato práce vznikla s finanční podporou Národní agentury pro zemědělský výzkum Ministerstva zemědělství České republiky při řešení projektu QK1710156 v programu ZEMĚ a s využitím finanční podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace dle rozhodnutí MZE-RO1422.

Literatura

ČSN EN ISO 4833-1 (2014): Mikrobiologie potravinového řetězce – Horizontální metoda pro stanovení počtu mikroorganismů – Část 1: Technika přelivu a počítání kolonií vykultivovaných při 30 °C. ÚNMZ.

ČSN EN ISO 6887-1 (2018): Mikrobiologie potravinového řetězce – Příprava analytických vzorků, výchozí suspenze a desetinásobných ředění pro mikrobiologické zkoušení – Část 1: Obecná pravidla pro přípravu výchozí suspenze a desetinásobných ředění. ÚNMZ.

ČSN EN ISO 7218 (2018): Mikrobiologie potravin a krmiv – Všeobecné požadavky a doporučení pro mikrobiologické zkoušení. ČNI.

ČSN ISO 6611 (2009): Mléko a mléčné výrobky – Stanovení počtu jednotek tvořících kolonie kvasinek a/nebo plísní – Technika počítání kolonií vykultivovaných při 25 °C. ÚNMZ.

NĚMEČKOVÁ I., HAVLÍKOVÁ Š., GELBÍČOVÁ T., POSPÍŠILOVÁ L., HROMÁDKOVÁ E., LINDAUEROVÁ J., BARÁKOVÁ A., KARPÍŠKOVÁ R. (2020): Heat-resistance of suspect persistent strains of *Escherichia coli* from cheesemaking plants. *Czech Journal of Food Sciences*, 38, s. 323–329.

Korespondující autor: Ing. Irena Němečková, Ph.D., Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Ke Dvoru 12a, 160 00 Praha 6, e-mail: nemeckova@milcom-as.cz.

Přijato do tisku: 17. 5. 2022
Lektorováno: 13. 6. 2022

POPIS PRAVIDEL A STATISTICKÝCH POSTUPŮ PRO ALGORITMY K UMOŽNĚNÍ REDUKCE POUŽITÍ ANTIBIOTIK V CHOVU DOJNIC Z DYNAMIKY DAT KONTROLY KVALITY MLÉKA A MLÉČNÉ UŽITKOVOSTI

Oto Hanuš[1], Hana Nejeschlebová[1], Josef Kučera[2], David Lipovský[2], Martina Tišnovská[2], Radoslava Jedelská[1], Jaroslav Kopecký[1]

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

[2] Českomoravská společnost chovatelů a. s., Hradištko

Description of rules and statistical procedures for algorithms to enable antibiotic use reduction in dairy farming from dynamics of milk quality control and milk recording

Abstrakt

Poruchy sekrece mléka jsou trvale jedním z hlavních zdrojů ztrát na produkci a kvalitě mléka a použití antibiotik (ATB) k léčbě dojnic. Ze zvýšeného použití ATB obecně plyne vzrůst rizika tvorby rezistence bakteriálních patogenů vůči těmto ATB. To následně může vést k ohrožení efektivity léčby infekčních nemocí v populacích hospodářských zvířat a humánní populaci. Projekt bazíruje na vývoji možností snižování výskytu antimikrobiálních látek v mlékařství. Toho je možné dosáhnout: - rozvojem intradermální vakcinace dojnic proti patogenní aktivitě; - vývojem komparativních algoritmů ke kontrole kvality mléka (bazénové vzorky mléka) a k optimálnímu výběru zvířat pro efektivní léčbu ATB při zasušení (individuální vzorky mléka z kontroly užitkovosti); - metodickým, inovativním zvládnutím optimalizace managementu nejkritičtějšího období od zasušení krav po rozdoj. Uvedenými kroky mohou být vytvořeny podmínky pro: - efektivní použití antibiotik při léčbě v laktaci i zasušení dojnic; - zvýšení efektivity léčby poruch sekrece mléka; - snížení nákladů na antibiotika při profylaxi mastitid; - zpomalení růstu antibiotické rezistence patogenů v mlékařství. Jsou uvedeny principy algoritmů: - lineárního klouzavého informování farmářů o kvalitě bazénových vzorků mléka, tento postup může v důsledcích přispět k lepší kontrole hygieny dojení a stájí a tím ke snižování počtu somatických buněk (PSB) v mléce, zlepšování zdravotního stavu dojnic a omezování uvolňování ATB do prostředí; - výběru dojnic k ATB/neATB zasušení krav podle dynamiky PSB během laktace, což může účelně redukovat použití ATB v profylaxi mastitid a tím jejich průnik do prostředí.

Klíčová slova: kráva, mléko, vzorek bazénový, vzorek individuální, složení a vlastnosti mléka, počet somatických buněk, kontrola kvality, kontrola užitkovosti, poruchy sekrece mléka

Abstract

Milk secretion disorders are consistently one of the main sources of losses in milk production and quality and the use of antibiotics (ATBs) to treat dairy cows. The increased use of ATBs generally results in an increase in the risk of bacterial pathogens developing resistance to these ATBs. This can subsequently lead to a threat to the effectiveness of the treatment of infectious diseases in livestock and human populations. The project is based on the development of options for reducing the occurrence of antimicrobial substances in dairy farming. This can be achieved: - by the development of intradermal vaccination of dairy cows against pathogenic activity; - by developing comparative algorithms for milk quality control (bulk tank milk samples) and for the optimal selection of animals for their effective treatment by ATBs during lactation drying (individual samples from milk recording); - by methodical, innovative mastering of the optimization of the management of the most critical period from drying off the cows to parturition. The steps mentioned can create conditions for: - effective use of antibiotics in the treatment of lactating and drying dairy cows; - increasing the effectiveness of the treatment of milk secretion disorders; - reduction of antibiotic consumption and costs in mastitis prophylaxis; - slowing down the growth of antibiotic resistance of pathogens in dairy farming. The principles of the algorithms are presented: - linear sliding information to farmers about the quality of bulk tank milk samples, this procedure can consequently contribute to a better control of the hygiene of milking and stables and thus to reducing the somatic cell count (SCC) in milk, improving the health of dairy cows and limiting the release of ATBs to the environment; - selection of dairy cows for ATBs/noATBs drying of cows according to SCC dynamics during lactation, which can effectively reduce the use of ATBs in mastitis prophylaxis and thus their penetration into the environment.

Keywords: cow, milk, bulk tank sample, individual sample, milk composition and properties, somatic cell count, quality control, milk recording, milk secretion disorders

Možnosti snižování výskytu antimikrobiálních látek v mlékařství

Poruchy sekrece mléka, resp. záněty mléčné žlázy dojnic (mastitidy) jsou trvale jedním z hlavních zdrojů ztrát na produkci a kvalitě mléka (Kvapilík et al., 2014, 2015, 2017 a, b) a důvodů použití antibiotik (ATB) k léčbě zvířat v mlékařství. Ze zvýšeného použití ATB obecně plyne vzrůst rizika tvorby rezistence bakteriálních patogenů vůči těmto ATB (Boireau et al., 2018; Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022; Laxminarayan, 2022; The Lancet, 2022), což následně může vést k ohrožení efektivity léčby infekčních nemocí v populacích hospodářských zvířat a humánní populaci. Zejména současně sílí tlak na dosažení zodpovědné spotřeby antibiotik u zvířat, u prasat a drůbeže, ale také např. u psů (Singleton et al., 2020; Nunan, 2022). Snížená spotřeba antibiotik je v mlékařství umožněna ekologickým způsobem hospodaření oproti konvenčnímu a relevantní studie ukázala, že další snížení je stále možné (Wilhelm et al., 2009; Krogh et al., 2020). Ke snížení spotřeby ATB v léčbě mastitid se nabízejí nově testované postupy, např. jako akustická pulzní technologie při terapii dojnic (APT, Leitner et al., 2021).

Text uvedený v podnadpisu výše je zároveň jedním z cílů projektu výzkumu, vývoje a inovací (VaVaI) MZe, NAZV, programu Země, QK 21010123 – Vývoj metod redukce průniku antibiotik do prostředí v chovu dojnic jako podpora prevence vzniku antibiotické rezistence mikroorganismů. Projekt v zásadě předpokládá několik cest, jak dosáhnout svého cíle:

1) Rozvoj intradermální vakcinace dojnic proti patogenní aktivitě (Mašek et al., 2022);
2) Vývoj komparativních algoritmů (tuto část rozvíjí tento článek) ke kontrole kvality mléka (rutinní databáze – bazénové vzorky z komerční kontroly kvality syrového mléka) a k optimálnímu výběru vhodných zvířat pro efektivní léčbu ATB při zasušení (rutinní databáze – individuální vzorky z kontroly užitkovosti (KU));
3) Metodické, inovativní zvládnutí optimalizace managementu nejkritičtějšího období od zasušení po rozdoj (Rysová et al., 2021).

Výše uvedenými kroky mohou být vytvořeny podmínky pro:

- efektivní použití antibiotik při léčbě v laktaci i zasušení dojnic;
- zvýšení efektivity léčby poruch sekrece mléka;
- snížení spotřeby a nákladů na antibiotika při profylaxi mastitid;
- zpomalení růstu antibiotické rezistence patogenů v mlékařství.

I) Popis pravidel a statistických parametrů pro algoritmus plošné, průběžné, klouzavé, graficky-komparativní kontroly kvality mléka

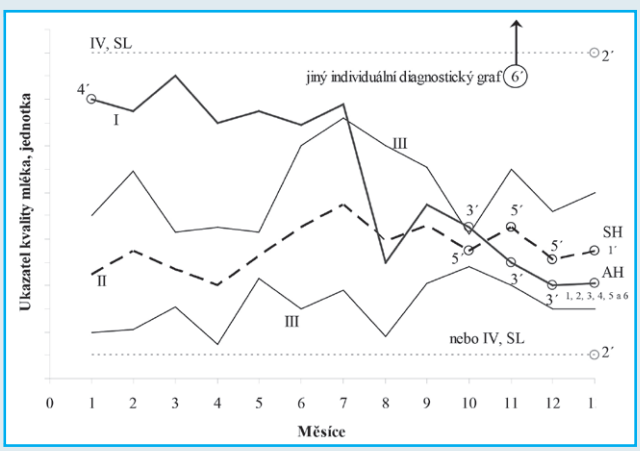
Tato část probíhajícího řešení pracuje s hypotézou, že pravidelná kontrola dynamiky vývoje kvality mléka stáda dojnic v porovnání k příslušné oblasti (komparativně, zde k ČR) přispěje na principu zpětné vazby ke zlepšení kvality řízení hygienických opatření v chovu. Uvedené může přispět k cíli projektu možností vyhodnocovat periodicky a komparativně vývoj kvality mléka ve stádě dojnic (databáze – bazénové vzorky mléka z komerční kontroly kvality) a konfrontovat případné negativní odchylky ke znalosti průběhu technologie v praxi v konkrétním

čase (výskyt případných problémů) poskytne příležitost k zefektivnění péče o hygienu v prvovýrobě mléka, preventivní podpoře zdraví zvířat a k omezení nasazování nezbytné léčby dojnic, zejména antibiotické.

Na základě oživení dřívějších výsledků a poznatků (Hanuš et al., 2006; Říha a Hanuš, 2006) došlo k návrhu operativního grafického řešení popisu dynamiky vývoje kvality mléka pro komparativní účely a možnost efektivně kontrolovat praktická hygienická opatření v prvovýrobě mléka. Protože nastaly vhodné technické a technologické podmínky (automatizovaná analýza mléka, software a možnost průběžného hodnocení velkých databází) v centralizované kontrole kvality mléka (ČMSCH), je příhodná doba k retrospektivnímu přehodnocení dřívější představy, aby byl rekonstruován návrh algoritmu lineárního klouzavého informování farmářů o kvalitě bazénových vzorků mléka. Tento postup může v důsledcích přispět k lepší kontrole hygieny dojení a stájí a tím ke snižování počtu somatických buněk (PSB) v mléce, zlepšování zdravotního stavu dojnic a omezování uvolňování antibiotik do prostředí. Zprávy z následné aplikace (software) mají být kdykoliv, pravidelně (měsíčně), k dispozici chovatelům dojnic v grafické podobě, podle stájí dojnic.

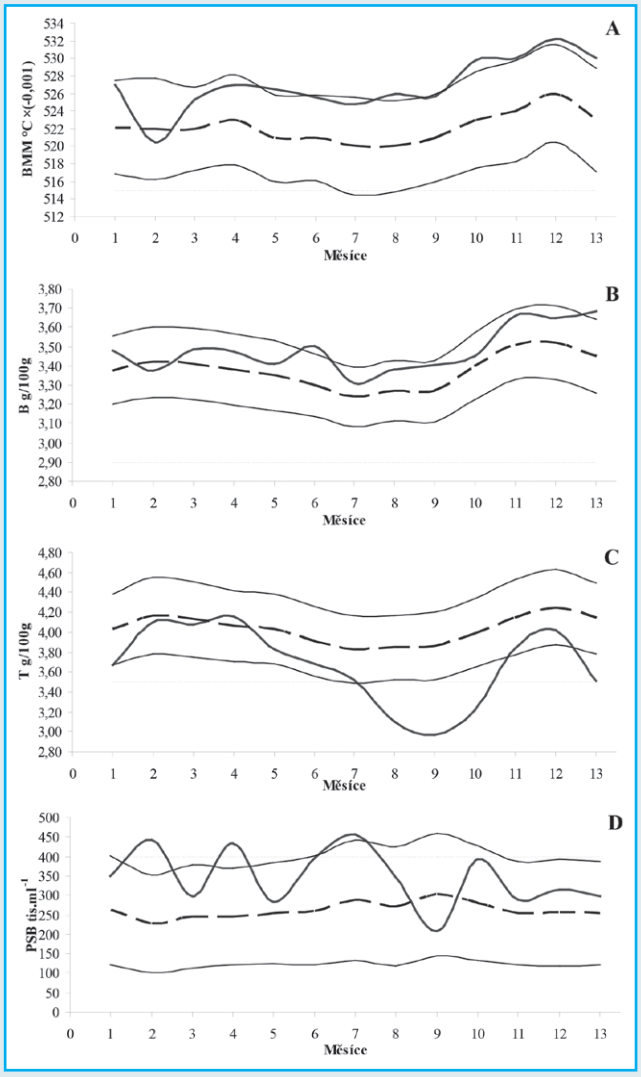
Při konstrukci komparativní grafiky byly použity vlastní dřívější poznatky z vývoje a výzkumu zdraví dojnic a kvality mléka a relevantní dlouhodobé literární prameny korespondujících řešení jinde (Erbersdobler et al., 1980; Piatkowski et al., 1981; Kaufmann, 1982; Shook, 1982; Raubertas a Shook, 1982; Kirst et al., 1985; Kirchgessner et al., 1985, 1986; Reneau, 1986; Famigli-Bergamini, 1987; Wiggans a Shook, 1987; Reneau et al., 1988; Agabriel et al. 1990, 1991; Hamann, 1991; Spörl a Roth, 1991; Schulz, 1991; Ryan, 1993; Ledermann, 1994, 1995, 1998; Hanuš et al., 2001, 2007 a, b, c, 2008, 2009, 2011; Reelitz a Feucker, 1998; Veauthier, 1998; Janů et al., 2007).

Obr. 1 *Obecný vzor a model klouzavého komparativního grafu pro ukazatele kvality mléka*



I = podniková křivka, konkrétní výsledky kvality mléka (naměřené hodnoty), silná plná čára;
II = srovnávací křivka, střední hodnota regionu, silná čerchovaná čára;
III = průměr ± směrodatná odchylka, obor nejvyšší frekvence případů, slabá plná čára;
IV = standardní limit pro kvalitu mléka, nebo konvenční mez rizika, slabá čerchovaná čára;
1 až 6 a 1´ až 6´ = použité srovnávací principy; SH = střední hodnota; AH = aktuální hodnota; SL = standardní nebo konvenční limit.

Obr. 2 *Vybrané grafy o vývoji kvality syrového kravského mléka (bazénové vzorky) na bázi reálných dat pro konkrétní situace chovů dojnic v prvovýrobě mléka (BMM, B, T, PSB)*



Popis křivek podle Obr. 1

Postup je znázorněn obecným grafem (Obr. 1), který zahrnuje základní principy tohoto lineárního, klouzavého, informování farmářů o kvalitě bazénových vzorků mléka o vývoji dynamiky kvality. Z databáze kvality mléka budou průběžně počítány statistické parametry a zobrazovány v grafech po měsících pro 13 měsíců v jednom zobrazení (od ledna předchozího roku do aktuálního ledna; od února do února, od března do března atd.). Podle současné sestavy nejčastěji měřených ukazatelů kvality mléka (uživatelský protokol kvality mléka ČMSCH, únor 2022) by měly být grafy konstruovány pro následující, číselně vyjadřované, mléčné ukazatele: T (obsah tuku, %, mg/100 g); B (obsah hrubých bílkovin, %); L (obsah monohydrátu laktózy, %); TPS (obsah sušiny tukuprosté, %); KAS (obsah kaseinu, %); Moč. (koncentrace močoviny, mg/100 ml); VMK (obsah volných mastných kyselin v mléčném tuku, mmol/100 gT); BMM (bod mrznutí mléka, -mºC); PSB (počet somatických buněk, 10^3 v 1 ml); CPM (celkový počet mezofilních

mikroorganismů, 10^3 v 1 ml). Výsledky relevantních mléčných ukazatelů mohou být při statistickém srovnání z principiálních důvodů (Shook, 1982; Raubertas a Shook, 1982; Reneau, 1986; Wiggans a Shook, 1987; Reneau et al., 1988; Hanuš et al., 2001; Janů et al., 2007) logaritmicky transformovány (CPM, PSB, VMK atd.). Z hlediska grafiky:

- budou dostupné křivky měsíčních průměrných hodnot ukazatele (aritmetický průměr souboru (kvalita v daném regionu – ČR) plus mínus směrodatná odchylka v příslušném měsíci (x±sd), statisticky sd pro počet stupňů volnosti n-1), body budou spojeny v příslušné křivky, směrodatné odchylky slabší křivky, průměrné hodnoty výrazná křivka;
- je možné použít (méně správně) jednodušší postup stanovení těchto křivek, x±sd vždy ze všech dat daného měsíce včetně konkrétního sledovaného chovu, nebo správněji pro každý graf individuálně (složitější postup z hlediska software) ze všech dat vyjma konkrétního sledovaného chovu v daném měsíci (ten bude zobrazen v individuální křivce);
- bude dostupná křivka aktuálního chovu v bodech (měsíční aritmetické průměry stáda (mléčnice) při častějším měsíčním vzorkování nebo přímo změřené hodnoty ukazatele při vzorkování jedenkrát měsíčně), které budou spojeny do zvýrazněné křivky;
- v případě možnosti, že existuje nějaká standardní hodnota pro konkrétní mléčný ukazatel (např. PSB 400 10^3 v 1 ml), bude tato vynesena do grafu jako tenká orientační přímka;
- celkový graf zahrnuje srovnávací periodu 13 měsíců, tedy začíná a končí vždy stejným měsícem, před rokem a aktuálním měsícem.

Vlastnosti a výhody postupu v kontrole vývoje kvality mléka:

- grafy jsou chovatelům, k orientaci v dynamice kvality mléka, dostupné vždy, průběžně, po přihlášení čísla mléčnice na portále – aktuální informace znamená lepší podmínky pro řízení chovu;
- je možné srovnání sezónního efektu ve smyslu porovnání aktuálního měsíce konkrétního chovu dojnic ke stejnému měsíci před rokem;
- je možné srovnání konkrétních výsledků (vlastního stáda) v jejich dynamice k charakteristikám celé oblasti;
- je možné srovnání aktuálních výsledků stáda k jejich předchozí dynamice kvality;
- je případně možné srovnání aktuálních výsledků stáda k nějaké standardní hodnotě, pokud je tato definována, rovněž v časové dynamice;
- je možné konkrétní znalost o vývoji podmínek chovu stáda (časový výskyt případných technologických problémů a jejich historie) promítnout do dynamiky vývoje příslušné kvality a formulovat potřebné praktické závěry, případně navrhovat opatření.

Další následující grafy (Obr. 2) znázorňují modelová (pro různé situace – konfigurace) zobrazení pro představivost na základě reálných dat z komerční kontroly kvality syrového mléka.

II) Popis pravidel a statistických parametrů pro algoritmus k selekci dojnic k antibiotickému zasušení laktace z dynamiky dat kontroly užitkovosti

Tato část probíhajícího řešení pracuje s hypotézou, že pravidelná kontrola mléčné užitkovosti (KU; ČMSCH), poskytující průběžný přehled o vybraných mléčných ukazatelích u dojnic a individuálních vzorků mléka, přispěje na principu zpětné vazby k možnosti selekce krav pro jejich antibiotický/neantibiotický (ATB/neATB), efektivní odstav laktace. To znamená, že možnost usměrňovat efektivně ATB/neATB odstav laktace dojnic podle dynamiky vybraných mléčných ukazatelů z KU krav během laktace přispěje ke kontrole zdravotního stavu zvířat z pohledu výskytu mastitid a k omezení nasazování zbytné (v aktuálně téměř plošném pojetí ATB zaprahování takzvaně nadbytečné) léčby dojnic, zejména antibiotické, a tím následně k redukci výskytu průniku ATB do prostředí.

ATB samozřejmě stále dál mají svou významnou a nezastupitelnou roli v oblasti léčby infekčních bakteriálních onemocnění u lidí i zvířat, nicméně, obecným problémem se stal fakt rozšíření jejich neefektivního nadužívání. Tento postup se tvoří proto, aby v rámci aktuální profylaxe mastitid již nedocházelo ke stále ještě téměř plošnému ATB odstavu všech mléčných žláz ve stádě (včetně zdravých dojnic), tedy aby mohlo docházet k redukci použití ATB v mlékařství.

Na základě dřívějších výsledků a poznatků (Hanuš et al., 1997 a 1999, cit. Hanuš, 2020; konstrukce algoritmů software Ureaprot a Somprot) tak došlo k návrhu postupu pravidelné měsíční selekce krav pro návrh k ATB/neATB zasušení laktace dojnic podle dynamiky vybraných mléčných ukazatelů během laktace v kontrole užitkovosti. Uvedené souvisí s faktem, že nastaly vhodné technické a technologické podmínky (automatizovaná analýza mléka, software a možnost průběžného hodnocení velkých databází) v centralizované KU (ČMSCH). Tím je příhodná doba k návrhu algoritmu pravidelné selekce krav pro návrh k ATB/neATB zasušení laktace podle dynamiky vybraných mléčných ukazatelů během laktace. Tento postup rovněž může v důsledcích přispět k lepší kontrole zdravotního stavu dojnic a tím ke snižování PSB v mléce, zlepšování zdraví dojnic ve smyslu snižování výskytu poruch sekrece mléka a k redukci uvolňování antibiotik do prostředí.

Cílem je vytvořit software aplikaci podle předloženého algoritmu k pravidelnému návrhu sestavy krav k ATB/neATB zasušení laktace podle dynamiky vybraných mléčných ukazatelů v KU. Tento výsledkový výstup bude pravidelně (měsíčně), k dispozici chovatelům dojnic v datové sestavě výsledků kontroly užitkovosti.

Byly použity vlastní dřívější poznatky z vývoje a výzkumu zdraví dojnic a kvality mléka, vlastní navržené kon-

cepce (Hanuš et al., 1997 a 1999, konstrukce algoritmů software Ureaprot (konfrontace obsahů močoviny a bílkovin v mléce podle dojivosti, odhad energetického zaopatření krav v KU) a Somprot (konfrontace PSB a obsahu laktózy v mléce podle dojivosti, pořadí a stadia laktace a odhad rizika výskytu poruchy sekrece u dojnic v KU; Hanuš, 2020)) a literární prameny korespondujících řešení jinde (Shook, 1982; Raubertas a Shook, 1982; Reneau, 1986; Wiggans a Shook, 1987; Famigli-Bergamini, 1987; Reneau et al., 1988; Hamann, 1991; Ryan, 1993; Hanuš et al., 2001; National Mastitis Council, 2001; Ruegg a Reinemann, 2002; Bradley a Green, 2005; Green et al., 2008; Meilina et al., 2009; Wani et al., 2018; Hillerton a Booth, 2018; Hanuš, 2020).

Z rutinně, měsíčně měřených mléčných ukazatelů KU jsou poruchám sekrece svou vypovídací hodnotou a variabilitou nejblíže dojivost, laktóza a zejména PSB. Na druhé straně podléhá variabilita těchto ukazatelů vlivu řady chovatelských faktorů (výživa, plemeno, pořadí a stadium laktace atd.). Lze uzavřít, že zdaleka nejpřímější vztah k mastitidě pro využití v selekci dojnic k ATB/neATB ošetření při zasušení laktace (které je součástí profylaxe mastitid a pětibodového mastitidního programu jako technologického opatření) má PSB. Je známo, že mastitida, i subklinická, je provázena zvýšenými hodnotami PSB, ale také jejich zvýšenou variabilitou (Ryan, 1993; Wendt et al., 1994; Bradley a Green, 2005; Green et al., 2008; Wani et al., 2018; Hillerton a Booth, 2018). Individuální (také čtvrťové) PSB však podléhají, podle zdravotního stavu mléčné žlázy, značné variabilitě a s tím související nenormální frekvenční distribuci dat. Proto, ve statistickém pojetí, jsou nezbytné transformace těchto dat (Hanuš et al., 1995, 2001), nebo neparametrické způsoby jejich hodnocení, které však mírně komplikují praktickou interpretaci výsledků tím, že se vzdalují původnímu pojetí číselné interpretace PSB. Logaritmická transformace PSB může vést k linearizaci vztahu PSB ke ztrátám na dojivosti a také k přiblížení se normální frekvenční distribuci dat (Ali a Shook, 1980; Shook, 1982; Raubertas a Shook, 1982; Reneau, 1986; Wiggans a Shook, 1987). Zpětná konverze, jako např. u průměrného logaritmu na geometrický průměr PSB (který je zde nejspolehlivější střední hodnotou reprezentující soubor dat), zase vede k návratu k lepší praktické interpretovatelnosti skutečných hodnot PSB (např. do 100×10^3 v 1 ml, jako zdravá mléčná žláza), což u neparametrického hodnocení zaniká. Proto je dobré upřednostnit parametrické pojetí po transformaci PSB s možností zpětné konverze k původním jednotkám znaku. Jako vhodná byla již dříve otestována, a prakticky i uvedena (Wiggans a Shook, 1987; Reneau et al., 1988), logaritmická transformace o základu 2 pro PSB na tzv. lineární skóre PSB (LS PSB od 0 do 9) podle rovnice $LS\ PSB = \log_2 (PSB/100) + 3$ (kde PSB = v 10^3 v 1 ml, tedy např. PSB 400 (400×10^3 v 1 ml) pro LS PSB 5) při zaokrouhlování LS PSB na celá čísla. Tato transformační rovnice koresponduje s konstantní ztrátou dojivosti mezi jednotlivými celými hodnotami LS PSB. Ztráta dojivosti se zde např. uvádí pro již podezřelé (z výskytu subklinické mastitidy) LS PSB 5, které má střed oboru PSB 400 s rozsahem od 283 do 565×10^3 v 1 ml, jako 300 a 600 kg mléka u dojnic v první a na vyšších laktacích. Průměrnou dojivost za laktaci v daném případě reprezentuje hodnota cca 6 500 kg mléka. Proto uvedená ztráta mléka koresponduje relativně s hodnotami 4,6 a 9,2 %. Také pro bazénové PSB v hodnotě 400×10^3 v 1 ml je zmiňován obvykle odhad relativní ztráty mléka na dojivosti 10 %, nebo pro 500 až $1\ 000 \times 10^3$ v 1 ml pak 9 % (Wendt et al., 1994). Z uvedených důvodů je při vývoji selekčního algoritmu pro ATB/neATB ošetření dojnic při zasušení jejich laktace a další interpretaci výsledků použit ukazatel LS PSB.

Z hlediska vlastních algoritmových postupů:

- každá dojnice musí mít v KU během laktace minimálně 5 záznamů (dojivost, PSB) před termínem odstavu laktace, pro vstup do hodnocení, s uvedením pořadí laktace;
- individuální hodnoty PSB budou transformovány na data LS PSB se zaokrouhlením na čtyři desetinná místa;
- těsně před ukončením laktace budou z dat LS PSB dojnice vypočteny aritmetický průměr (x_a), jeho směrodatná odchylka (s_d) a variační koeficient (v_x v %);
- dojnice bude označena v sestavě dat z KU za selektovanou pro vybraný typ zaprahnutí (neATB, neATB! a ATB) ve vazbě na pořadí laktace (první, ostatní) podle limitních hodnot statistických parametrů LS PSB v rozhodovacím schématu v Tab. 1, ve variantách I a II, kdy je zjevné, že prakticky bude varianta I mnohem častější. Přesto je variantu II, s ohledem na současný vývoj terapeutických metod v oblasti mastitid, třeba brát jako reálnou alternativu;

Tab. 1 *Selekce dojnic podle dynamiky individuálních hodnot LS PSB v KU pro typ zaprahnutí laktace – rozhodovací schéma*

Laktace	1.	1.	1.	1.	1.	1.	≥ 2.	≥ 2.	≥ 2.	≥ 2.	≥ 2.	≥ 2.
Varianta	I	I	I	II	II	II	I	I	I	II	II	II
Typ/Krit.	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
neATB	≤ 2×	< 4,3	≤ 33 a < 4,2	≤ 1×	< 4,2	< 30 a < 4,2	≤ 3×	< 4,5	≤ 38 a < 4,4	≤ 2×	< 4,4	< 35 a < 4,4
neATB!	–	–	–	2 – 3×	4,2 – 4,5	30 – 35 a < 4,2	–	–	–	3 – 4×	4,4 – 4,7	35 – 40 a < 4,4
ATB	≥ 3×	≥ 4,3	> 33 a ≥ 4,2	≥ 4×	> 4,5	> 35 a ≥ 4,2	≥ 4×	≥ 4,5	> 38 a ≥ 4,4	≥ 5×	> 4,7	> 40 a ≥ 4,2

Praktické lokální interpretační varianty: - I = ATB/neATB; - II = neATB, neATB! a ATB.
Limitní kritéria statistických parametrů LS PSB (Krit.): - A = počet měsíčních hodnot LS PSB za laktaci > 4,5; - B = x_a LS PSB za laktaci; - C = v_x LS PSB za laktaci v % a současně limit x_a.
Typ zaprahovacího ošetření: - neATB (neantibiotické zaprahnutí s dezinfekcí struků); - neATB! (neantibiotické zaprahnutí s dezinfekcí struků a další vybraná profylaxe jako podpora);
- ATB (antibiotické zaprahnutí).
Platí preference jakéhokoliv horšího zatřídění (vyšší LS PSB a jeho variabilita), jako určující pravidlo pro výslednou klasifikaci.

- kdykoliv zapadne zvíře jedním z kritérií (A, B nebo C) do vyššího rizika zdravotního stavu mléčné žlázy během aktuálně končící laktace (v tabulce směrem dolů, v typu zaprahovacího ošetření), bude přednostně označeno pro tento typ ošetření v zaprahlosti.

Po selekci krav k typu zaprahnutí laktace, při:
- neATB odstavu laktace bude zaprahlosti dojnice dosaženo běžným postupem, podle lokálních podmínek, s redukcí přívodu živin na laktaci a přerušením (ukončením) pravidelného dojení za opakovaného použití dezinfekčních prostředků na očištěné struky s oddojením prvních střiků (lépe bariérových po opakovaném ošetření bezbariérovým přípravkem);
- neATB! odstavu laktace, v případě praktické možnosti (specifické lokality), bude prováděn stejný postup jako u neATB, ale bude mu předcházet ošetření mléčné žlázy ještě jinou neantibiotickou metodou, např. APT (Leitner et al., 2021);
- ATB odstavu laktace je ostatní postup stejný (živiny, dojení), ale na základě výsledku mastitis testu po čtvrtích, bude vpravena do jedné nebo všech čtvrtí mléčné žlázy (nejefektivněji jen do pozitivních čtvrtí) příslušným aplikátorem (v souladu s návodem výrobce, s očištěním, odstřikem a před-desinfekcí struku, zejména ústí strukového kanálku, resp. kolem svěrače strukového kanálku) dávka preparátu ATB s dlouhodobou účinností (dlouhá antibiotická clona (40 – 60 dní), tzv. dry cow therapy), s následným ošetřením strukovými dezinfektanty, na závěr nejlépe bariérovým. Výběr odstavujícího preparátu ATB pro stádo je nejlépe spojit s názorem místního veterinárního lékaře s povědomím o preferenci citlivosti patogenů na antibiotika v dané lokalitě. U indikovaných, zvláště intenzivních případů, lze kombinovat odstav se systémovým ošetřením ATB injekčně, podle volby veterinárního lékaře.

Odhad limitních hodnot statistických parametrů LS PSB pro selekci dojnic v KU k zaprahnutí je tzv. kvalifikovaným odhadem. Tyto hodnoty lze proto průběžně, na základě zpětné vazby v praxi korigovat, během testovacího období, pro dosažení vybalancovaného stavu žádoucí účinnosti selekce.

Závěr

Aplikační realizací zde rámcově uvedených algoritmů k informačnímu zpracování databází rutinních výsledků z komerční kontroly kvality syrového mléka a kontroly mléčné užitkovosti budou, podle jejich podrobnějších popisů, konstrukce autorizovaných software a sestavení certifikovaných metodik jako uživatelských manuálů. Praktická realizace přinese zřetelně pozitivní posun portfolia nabídky služeb KU (laboratoře pro rozbor mléka) pro chovatele.

Na základě uvedených podkladů algoritmů pro lineární, pravidelné srovnávání kvality bazénových vzorků mléka a pro výběr dojnic k jejich neantibiotickému zasušení laktace podle dynamiky výsledků individuálních vzorků v kontrole užitkovosti, a při jejich praktické aplikaci, lze očekávat žádoucí pokles použití antibiotik v mlékařství. Uvedené může přispět k podpoře bezpečnosti mléčného potravinového řetězce a k lepšímu životnímu prostředí.

Práce vznikla za podpory projektu MZe NAZV Země QK 21010123.

Seznam literatury

AGABRIEL, C., COULON, J. B., MARTHY, G., CHENEAU, N. (1990): Facteurs de variation du taux protéique du lait de vache. *INRA Production Animals*, 3, 2, s. 137–150.

AGABRIEL, C., COULON, J. B., MARTHY, G. (1991): Facteurs de variations du rapport des teneurs en matiéres grasses et ptotéiques du lait de vache. *INRA Production Animals*, 4, 2, s. 141–149.

ALI, A. K. A., SHOOK, G. E. (1980): An optimum transformation for somatic cells concentration in milk. *Journal of Dairy Science,* 63, s. 487–490.

ANTIMICROBIAL RESISTANCE COLLABORATORS (2022): Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*, www.thelancet.com Vol. 399, February 12, s. 629-655. https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(21)02724-0

BOIREAU, C., CAZEAU, G., JARRIGE, N., CALAVAS, D., MADEC, J.-Y., LEBLOND, A., HAENNI, M., GAY, E. (2018): Antimicrobial resistance in bacteria isolated from mastitis in dairy cattle in France, 2006–2016. *Journal of Dairy Science*, 101, s. 9451-9462. https://doi.org/10.3168/jds.2018-14835

BRADLEY, A., GREEN, M. (2005): Use and interpretation of somatic cell count data in dairy cows. *In Practice*, 27, s. 310-315. doi: 10.1136/inpract.27.6.310

ERBERSDOBLER, H. F., ECKART, K., ZUCKER, H. (1980): *Milk urea levels as a measure of imbalances in energy and protein intake.* Pro. IV th Int. Conf. on Production Disease in Farm Animals, München, Germany.

FAMIGLI-BERGAMINI, P. (1987): Rapporti tra patologia (non mammaria) ed aspetti quali-quantitativi del latte nella bovina. *Societa Italiana di Buiatria,* Bologna, 19, 8-10, s. 89-99.

GREEN, M. J., BRADLEY, A. J., MEDLEY, G. F., BROWNE, W. J. (2008): Cow, Farm, and Herd Management Factors in the Dry Period Associated with Raised Somatic Cell Counts in Early Lactation. *Journal of Dairy Science,* 91, s. 1403-1415. doi:10.3168/jds.2007-0621

HAMANN, J. (1991): Milking hygiene, milking and mastitis. *Dairy Food and Environmental Sanitation,* 11, 5, s. 260-264.

HANUŠ, O. (2020): Počet somatických buněk – I) Individuální vzorky mléka. ČMSCH a. s., *Fenotyp DKU.CZ, Odborné informace, zprávy a zajímavosti pro chovatele*, duben, 1, s. 12-17. https://www.cmsch.cz/CMSCH.cz/media/docs/Fenotyp/FENOTYOP-casopis-DKU.pdf

HANUŠ, O., BJELKA, M., TICHÁČEK, A., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2001): *Analýza nezbytnosti a účelnosti transformací dat u souborů výsledků některých mléčných parametrů.* Chov a šlechtění skotu pro konkurenceschopnou výrobu: sborník referátů VÚCHS Rapotín, s. 122–137.

HANUŠ, O., JANŮ, L., MACEK, A., GENČUROVÁ, V., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2007 a): Konstrukce algoritmu k syntéze hodnot různých kvalitativních ukazatelů syrového kravského mléka do individuální relativní standardizované hodnoty pro možnost konzistentního oceňování jakosti. *Výzkum v chovu skotu,* XLIX, 177, 1, s. 1–16.

HANUŠ, O., JANŮ, L., SCHUSTER, J., KUČERA, J., VYLETĚLOVÁ, M., GENČUROVÁ, V. (2011): Exploratory analysis of dynamics of frequency distribution of raw cow milk quality indicators in the Czech Republic. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis,* LIX, 1, s. 83–100.

HANUŠ, O., JANŮ, L., VYLETĚLOVÁ, M., JEDELSKÁ, R., KOPECKÝ, J. (2007 b): Modelová modifikace ceny syrového kravského mléka podle relativního syntetického ukazatele kvality na bázi výrazně diferencovaných nebo identických reálných dat kvality mléka. *Výzkum v chovu skotu,* XLIX, 180, 4, s. 1–13.

HANUŠ, O., JANŮ, L., VYLETĚLOVÁ, M., KUČERA, J. (2009): Research and development of a synthetic quality indicator for raw milk assessment. *Folia Veterinaria,* 53, 2, s. 90–100.

HANUŠ, O., JANŮ, L., VYLETĚLOVÁ, M., MACEK, A. (2007 c): Validace použitelnosti algoritmu relativního syntetického ukazatele kvality syrového mléka (SQSM) pro konzistentní modifikaci farmářské ceny. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis,* LV, 5, s. 71–82.

HANUŠ, O., JEDELSKÁ, R., HERING, P., KLIMEŠ, M., GENČUROVÁ, V., JANŮ, L., KOPECKÝ, J. (2006): Konstrukce algoritmu pro efektivní sofistikované grafické vyhodnocování výsledků složení a kvality bazénových vzorků mléka. *Výzkum v chovu skotu,* XLVIII, 175, 3, s. 1–26.

HANUŠ, O., TICHÁČEK, A., KOPECKÝ, J. (1995): Příspěvek k práci s výsledky počtu somatických buněk v mléce jednotlivých krav. *Mlékarstvo,* 26, 1, s. 16–19.

HILLERTON, J. E., BOOTH, J. M. (2018): The Five-Point Mastitis Control Plan - A Revisory Tutorial! Cambridge, New Zealand, Worcester, United Kingdom, NMC Annual Meeting Proceedings, s. 1–19.

JANŮ, L., HANUŠ, O., BAUMGARTNER, C., MACEK, A., JEDELSKÁ, R. (2007): The analysis of state, dynamics and properties of raw cow milk quality indicators in the Czech Republic. *Acta fytotechnica et zootechnica,* 10, 3, s. 74–85.

KAUFMANN, W. (1982): Variation in der Zusammensetzung des Rohstoffes Milch unter besonderer Berücksichtigung des Harnstoffgehaltes. *Milchwissenschaft*, 37, s. 6–9.

KIRCHGESSNER, M., KREUZER, M., ROTH, MAIER, DORA, A. (1986): Milk urea and protein content to diagnose energy and protein malnutrition of dairy cows. *Archives of Animal Nutrition.,* 36, s. 192–197.

KIRCHGESSNER, M., ROTH, MAIER, DORA, A., RÖHRMOSER, G. (1985): Harnstoffgehalt in Milch von Kühen mit Energie- bzw. Proteinmangel und anschliessender Realimentation. *Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde,* 53, s. 264–270.

KIRST, E., LILL, R., CERSOVSKY, H., BARTEL, B., JACOBI, U., LEMKE, B., KRENKEL, K. (1985): Einfluss einer Energiemangelernährung laktirender Rinder auf Zusammensetzung und Eigenschaften der Rohmilch. *Milchforschung und Milchpraxis,* 27, s. 84–86.

KROGH, M. A., NIELSEN, C. L., SØRENSEN, J. T. (2020): Antimicrobial use in organic and conventional dairy herds. *Animal*, s. 1–7. doi:10.1017/S1751731120000920

KVAPILÍK, J., HANUŠ, O., BARTOŇ, L., VYLETĚLOVÁ KLIMEŠOVÁ, M., ROUBAL, P. (2015): Mastitis of dairy cows and financial losses: an economic meta-analysis and model calculation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 21, 5, s. 1092–1105.

KVAPILÍK, J., HANUŠ, O., ROUBAL, P., ŘÍHA, J., URBAN, P., JEDELSKÁ, R., SEYDLOVÁ, R., KLIMEŠOVÁ, M., KOPUNECZ, P. (2017 a): Somatic cells in bulk samples and purchase prices of cow milk. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis,* 65, 3, s. 879–892.

KVAPILÍK, J., HANUŠ, O., SYRŮČEK, J., VYLETĚLOVÁ KLIMEŠOVÁ, M., ROUBAL, P. (2014): The economic importance of the losses of cow milk due to mastitis: a meta-analysis. *Bulgarian Journal of Agricultural Science,* 20, 6, s. 1501–1515.

KVAPILÍK, J., KUČERA, J., HANUŠ, O., ŘÍHA, J., SEYDLOVÁ, R., URBAN, P., KOPUNECZ, P., JEDELSKÁ, R. (2017 b): Zdravotní stav mléčné žlázy, jakost a nákupní ceny mléka. *Náš chov,* LXXVII, 5, s. 25–28.

LAXMINARAYAN, R. (2022): The overlooked pandemic of antimicrobial resistence. *Lancet*, www.thelancet.com, 399, February 12, s. 606–607. https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(22)00087-3

LEDERMANN, A. (1995): Die Harnstoff und Zellzahlanalyse wird billiger! *Schweizer Fleckvieh,* s. 113–116.

LEDERMANN, A. (1994): Harnstoffbestimmung: Beispiel einer Rückmeldung. *Schweizer Fleckvieh,* s. 32–34.

LEDERMANN, A. (1998): Hohe Milchharnstoffwerte sind schlechtere Fruchtbarkeit. *Schweizer Fleckvieh,* 2, s. 59.

LEITNER, G., PAPIROV, E., GILAD, D., HARAN, D., ARKIN, O., ZUCKERMAN, A., LAVON, Y. (2021): New Treatment Option for Clinical and Subclinical Mastitis in Dairy Cows Using Acoustic Pulse Technology (APT). *Dairy*, 2, s. 256–269. https://doi.org/10.3390/dairy2020022

MAŠEK, J., ŠAŠKOVÁ, K., RYCHLÍKOVÁ, M., HEGEDÜŠOVÁ, Z., HANUŠ, O., KUČERA, J., HOLÁSEK, R. (2022): Antimastitidní vakcinace jako varianta redukce použití antibiotik u dojnic – případová studie. *Mlékařské listy – zpravodaj,* 33, 191, 2, s. 8–13.

MEILINA, H., KUROKI, S., JINENDRA, B. M., IKUTA, K., TSENKOVA, R. (2009): Double threshold method for mastitis diagnosis based on NIR spectra of raw milk and chemometrics. *Biosystems Engineering,* AP – Animal Production Technology, 104, s. 243–249.

NATIONAL MASTITIS COUNCIL (2001): Guidelines on Normal and Abnormal Raw Milk Based on Somatic Cell Counts and Signs of Clinical Mastitis. s. 1–3.

NUNAN, C. (2022): Ending routine farm antibiotic use in Europe. January 2022, 69. https://www.ciwf.fr/media/7449186/report_ending-routine-farm-antibiotic-use-in-europe_final_january2022.pdf

PIATKOWSKI, B., VOIGT, J., GIRSCHEWSKI, H. (1981): Einfluss des Rohproteinniveaus auf die Fruchtbarkeit und den Harnstoffgehalt in Körperflüssigkeiten bei Hochleistungskühen. *Archiv für Tierernährung,* 31, s. 497–504.

RAUBERTAS, J. K., SHOOK, G. E. (1982): Relationship between lactation measures of SCC and milk yield. *Journal of Dairy Science,* 65, s. 419–425.

REELITZ, H. D., FEUCKER, W. (1998): Kontrolle des Ernährungs – zustandes am Computer. *Neue Landwirtschaft,* 11, s. 63–66.

RENEAU, J. K. (1986): Effective use of dairy herd improvement somatic cell counts in mastitis control. *Journal of Dairy Science,* 69, s. 1708–1720.

RENEAU, J. K., APPLEMAN, R. D., STEUERNAGEL, G. R., MUDGE, J. W. (1988): *Somatic cell count. An effective tool in controlling mastitis.* Agricultural Extension Service, University of Minnesota, AG-FO-0447.

RUEGG, P. L., REINEMANN, D. J. (2002): *Milk Quality and Mastitis Tests.* University of Wisconsin, Madison, s. 1–33.

RYAN, D. P. (1993): Cell count interpretation. IDF, *Mastitis Newsletter,* 134, 18, s. 12–15.

RYSOVÁ, L., LEGAROVÁ, V., GAŠPARÍK, M., DUCHÁČEK, J., PYTLÍK, J., CODL, R., STÁDNÍK, L. (2021): Změny v systému zasušování dojnic. *Náš chov,* 81, 7, s. 39–42.

ŘÍHA, J., HANUŠ, O. (2006).: *Návrh systému pro implementaci algoritmu pro grafické vyhodnocení výsledků složení a kvality bazénových vzorků mléka.* Sborník VÚCHS Rapotín, Vliv výrobních faktorů a welfare na zdraví a plodnost dojnic a kvalitu a bezpečnost mléka jako potravinové suroviny, ISBN 80-903142-6-0, s. 138–143.

SHOOK, G. E. (1982): *Approaches to summarizing somatic cell count which improve interpretability.* National Mastitis Council, Louisville, Kentucky, s. 1–17.

SCHULZ, T. (1997): Ohne Formeln und Tabellen die Leistung gesteigert. *Top Agrar,* 5, s. 20–22.

SINGLETON, D. A., PINCHBECK, G. L., RADFORD, A. D., ARSEVSKA, E., DAWSON, S., JONES, P. H., NOBLE, P.-J. M., WILLIAMS, N. J., SÁNCHEZ-VIZCAÍNO, F. (2022): Factors Associated with Prescription of Antimicrobial Drugs for Dogs and Cats, United Kingdom, 2014–2016. *Emerging Infectious Diseases, Antimicrobial Drugs for Dogs and Cats,* 26, 8, s. 1778–1791. DOI: https://doi.org/10.3201/eid2608.191786

SPÖRL, R., ROTH, A. (1991): Harnstoff und Eiweiss in der Milch – Hinweise für die Fütterung. *Zuchtwahl und Besamung,* s. 45–47.

THE LANCET (2022): Antimicrobial resistance: time to repurpose the Global Fund. *Lancet*, www.thelancet.com, 399, January 22, s. 335. https://doi.org/10.1016/ S0140-6736(22)00091-5

VEAUTHIER, G. (1998): Mit den Milchkontrolldaten die Fütterung überprüfen. Drei Programme: Stärken und Schwächen. T*op Agrar,* 2, s. R10.

WANI, H., ALI, U., ALI, M., PARA, P. A., SINGH, C. (2018): Mastitis and Its Diagnosis: A Review. Chapter, January, DOI: 10.22271/ed.book01.a06, https://www.researchgate.net/publication/322307254

WENDT, K. et al. (1994): Zu hoher Zellgehalt in der Herdensammelmilch - wie kann geholfen werden? AG Melken und Melktechnik, Informationen WGM, e. V., s. 1–12.

WIGGANS, G. R., SHOOK, G. E. (1987): A lactation measure of somatic cell count. *Journal of Dairy Science,* 70, s. 2666–2672.

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 Kavková[1], Andrea Bohatá[2]
[1] Výzkumný ústav mlékárenský s.r.o., Praha
[2] Fakulta zemědělská a technologická, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Potential applications of lactic acid bateria 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 podmíněné 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, fyloplán, 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, rhizoplane, 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 indoloctové). 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 tritrofickém 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 přežívat ve fyloplánu 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 indoloctová