

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број:
Београд-Земун
Датум: 24. 02. 2026.

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај Комисије за оцену урађене докторске дисертације Благоја М. Стојковића, мастер инжењера пољопривреде

Одлуком Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду број 32/14-4.3. од 28.01.2026. године, именована је Комисија за оцену урађене докторске дисертације под насловом: **„Ефекти коришћења хрома у исхрани крава сименталске расе током лактације у условима високе спољне температуре“**, кандидата Благоја М. Стојковића, мастер инжењера пољопривреде.

Комисија у саставу: др Весна Давидовић, редовна професорка Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Предраг Перишић, ванредни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, др Иван Вујанац, редовни професор Факултета ветеринарске медицине Универзитета у Београду и др Александра Иветић, виша научна сарадница Института за примену науке у пољопривреди у Београду, на основу прегледа докторске дисертације, подноси Наставно-научном већу Пољопривредног факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

Основни подаци о кандидату: Благоје М. Стојковић, рођен је 28. фебруара 1994. године у Београду, где је завршио основну школу а затим и Гимназију “Свети Сава”, 2013. године. Основне академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Зоотехника, уписао је школске 2013/2014. године, а дипломски рад под називом „Производња хране и исхрана музних крава на фарми Мужлаи“, је одбранио 2017. године, са оценом 10, чиме је стекао звање дипломирани инжењер пољопривреде. Основне академске студије завршио је са просечном оценом 9,71. Мастер академске студије на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм Пољопривреда, модул Зоотехника, уписао је школске 2017/2018. године. Мастер рад на тему „Ефекти употребе инокуланта SIL-ALL MAIZE + FVA при силирању кукуруза на фарми Мужлаи“ је одбранио 2018. са оценом 10, чиме је завршио мастер академске студије са просечном оценом 10,00 и стекао звање мастер инжењер пољопривреде. Током основних и мастер студија био је стипендиста Града Београда, Републике Србије и Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта.

Докторске академске студије уписао је школске 2018/2019. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, студијски програм

Пољопривредне науке, модул Зоотехника. Веће научних области биотехничких наука је дало сагласност (одлука број 61206-3519/2-23 од 10.10.2023. године) на одлуку Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду (број 32/20-4.3. од 27.09.2023. године) о прихватању теме докторске дисертације кандидата. За ментора је одређен др Бојан Стојановић, редовни професор Пољопривредног факултета Универзитета у Београду.

Као аутор или коаутор, кандидат је објавио један рад из категорије М22, два рада из категорије М24, 12 радова из категорије М33, један рад из категорије М51, 6 радова из категорије М63 и један рад из категорије М61.

Основни подаци о дисертацији: Докторска дисертација Благоја М. Стојковића, мастер инжењера пољопривреде, под насловом: „Ефекти коришћења хрома у исхрани крава сименталске расе током лактације у условима високе спољне температуре“, написана је у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду, као и у складу са пријавом теме која је одобрена од стране Наставно-научног већа Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и Већа научних области биотехничких наука Универзитета у Београду. Докторска дисертација је написана на 145 страна (130 нумерисаних), у оквиру којих се налазе 25 табела, 18 слика и 10 графикана и садржи следеће делове: насловне стране на српском и енглеском језику, страну са информацијама о ментору и члановима Комисије, страну са изјавом захвалности, по две стране са резимеом на српском и енглеском језику, две стране садржаја, две стране са листом скраћеница, страну са листом табела, страну са листом слика, страну са листом графикана и следећа поглавља: Увод (стр. 1-3), Научни циљ истраживања (стр. 4), Преглед литературе (стр. 5-35), Полазне хипотезе у истраживању (стр. 36-37), Материјал и методе истраживања (стр. 38-49), Резултати истраживања и дискусија (стр. 50-78), Закључак (79-80), Литература (81-96), Прилози (97-125), Биографија кандидата (стр. 126), Изјава о ауторству (стр. 127), Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације (стр. 128) и Изјава о коришћењу (стр. 129-130). Поглавља: Преглед литературе, Материјал и методе истраживања, Резултати и дискусија, садрже више потпоглавља.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Глобално загревање се убраја међу најозбиљније и најкомплексније изазове са којима се савремено човечанство суочава. Тренд пораста глобалне температуре у земљама са умерено-континенталном климом доноси комплексне тешкоће које захтевају значајна прилагођавања и примену адекватних решења у технологији производње млека.

За краве у лактацији се повољним сматра температурни распон од 0 до 20 °C, док је за остваривање максималне производње млека најповољнији ужи термални опсег од 0 до 15 °C, са оптималном влажношћу ваздуха од 55%. Топлотни стрес је присутан у условима када је температура околине виша у односу на термонеутралну зону животиње и један је од главних изазова млечног говедарства, с обзиром да су музна грла веома подложна негативном утицају топлотног стреса, те летњи климат негативно утиче на производне и репродуктивне перформансе краве.

Индекс температуре и влажности – температурно-хумидни индекс (Temperature-Humidity Index, THI) представља један од најчешће коришћених и најпоузданијих показатеља за процену утицаја амбијенталних услова на краве у лактацији, посебно у контексту топлотног стреса. Категоризација индекса температуре и влажности спроведена је на основу граничних вредности које се у литератури најчешће користе за

процену степена топлотног оптерећења код крава у лактацији. У том смислу, услови се сматрају зоном без стреса када је вредност $TNI < 68$. Опсег од 68 до 72 указује на присуство благог топлотног стреса, док вредности од 72 до 79 одговарају умереном степеном стреса. Вредности TNI изнад 80 класификују се као озбиљан топлотни стрес, који може бити праћен израженијим негативним физиолошким и производним последицама.

У условима топлотног стреса код говеда се уочава значајно смањење конзумирања хране, које се најчешће креће у распону од 10-15%, док је истовремено присутно изражено повећање уноса воде, у просеку за око 1,3 пута. Поред тога, у условима топлотног стреса долази до значајног смањења производње млека, као и до нарушавања његовог хемијског састава, уз истовремене промене у маснокиселинском профилу млека. Топлотни стрес директно нарушава метаболизам глукозе, при чему долази до снижења концентрације глукозе у крви, а код млечних крава изложених овим условима уочава се повећан периферни утрошак глукозе у већини ткива.

Хром (Cr^{3+}) је есенцијалан микроелемент за метаболизам угљених хидрата, протеина и липида, с обзиром да је утврђен његов ефекат на енергетски метаболизам кроз модулирање ткивног одговора на хормон инсулин. Хром повећава искоришћавање глукозе у ћелијама повећавајући ефекат инсулина. Говеда имају веће потребе за хромом, поготово у условима физиолошког стреса. У условима топлотног стреса, краве интензивирају метаболизам глукозе, услед чега може доћи и до дефицитарног снабдевања хромом. Хром, својим позитивним ефектом на инсулинску сензитивност, повољно утиче и на синтезу протеина. Хемијски облик у коме се хром уноси у организам, пресудно одређује његову доступност и интензитет физиолошког одговора постигнутог суплементацијом, при чему неоргански облици, попут хром-хлорида, показују ограничену гастроинтестиналну апсорпцију. Насупрот томе, органски облици хрома, као што су хром-пропионат, хром-метионин, хром-пиколинат и хром из квасца, одликују се знатно већом доступношћу.

Додавање тровалентног хрома у оброке крава у лактацији повезује се са бројним повољним физиолошким и продуктивним ефектима. Суплементација овим микроелементом може допринети повећању конзумирања суве материје, побољшању производње и хемијског састава млека, а такође може имати позитиван утицај на продукцију испарљивих масних киселина и стабилизацију микробиолошке активности у бурагу, а може допринети и смањењу ректалне температуре и фреквенције дисања. Истовремено, хром позитивно утиче на метаболички статус крава, унапређујући инсулинску осетљивост и доприносећи одржавању оптималне концентрације глукозе у крви, уз смањење нивоа β -хидроксимутирата (BHBA), неестерификованих масних киселина (NEFA – Non-Esterified Fatty Acids), кортизола и урее у крви (BUN – Blood Urea Nitrogen), нарочито у условима топлотног стреса.

Циљ овог истраживања био је да се испитају могућности и ефекти примене хрома у форми хром-пропионата (суплемент Kem TRACE, 0,4% Cr) у obroку крава сименталске расе (заступљеност у домаћој популацији говеда, 75-80%) у лактацији, у условима повишене амбијенталне температуре, на одабране физиолошке и производне параметре. У складу са постављеним циљевима истраживања, реализовани су следећи задаци:

- Систематско праћење микроклиматских услова у којима су краве боравиле током трајања огледа;
- Извршена је анализа хемијског састава хранива и obroка који су коришћени у исхрани крава, као и физичке форме комплетно мешаног obroка и неконзумираног остатка;
- Утврђен је ефекат коришћења хром-пропионата у obroку за краве у лактацији у неповољним амбијенталним условима, на конзумирање суве материје хране, као и појединих хранљивих материја и енергије;

- Детерминисан је утицај додавања хрома у условима повишене амбијенталне температуре на нутритивни статус крава у лактацији;
- Анализиран је ефекат коришћења хром-пропионата на производне показатеље музних крава – принос и хемијски састав млека, као и принос појединих компонената млека;
- Утврђен је утицај коришћења хром-пропионата на ефикасност искоришћавања конзумиране хране код музних крава сименталске расе у условима топлотног стреса;
- Испитан је ефекат суплементације хром-пропионата на метаболички профил крава у лактацији, при чему је у крвном серуму одређена концентрација глукозе, укупних протеина, албумина, калцијума, фосфора, билирубина, урее, триглицерида, аспартат-аминотрансферазе (AST), гама-глутамилтрансферазе (GGT) и β -хидроксibuтирата (BHB);
- Формулисање закључака о значају и оправданости примене хрома у исхрани крава сименталске расе у лактацији, у условима високе амбијенталне температуре, који ће бити корисни за развој ефикасне и одрживе стратегије исхране.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ

Основне хипотезе на којима је засновано истраживање у оквиру ове докторске дисертације биле су:

- Микроклиматски услови током летњег периода године, значајно утичу на физиолошки статус и продуктивност крава у лактацији;
- Хром (Cr^{3+}) има значајну функцију у регулацији метаболизма глукозе, липида и протеина;
- Суплементација оброка за краве у лактацији хром-пропионатом доприноси ублажавању негативних ефеката топлотног стреса;
- Додавање хрома може имати позитиван утицај на конзумирање и конверзију хране, као и на очување приноса и хемијског састава млека у условима топлотног стреса;
- Садржај хрома у обrocима се још увек најчешће не нормира, нити хемијски детерминише, иако раније спроведена истраживања указују на његову есенцијалну метаболичку улогу, што имплицира потребу за његовим додавањем у оброк.

4. КРАТАК ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Увод. У овом поглављу разматрани су ефекти климатских промена и глобалног загревања као значајних савремених изазова, са посебним освртом на њихов утицај на сточарску производњу и млечно говедарство. Истакнута је тенденција континуираног пораста глобалне температуре и изложеност региона југоисточне Европе, укључујући нашу земљу, на појаву екстремних климатских услова. Посебна пажња посвећена је појму и значају топлотног стреса код млечних крава, његовим физиолошким и метаболичким последицама, као и начинима процене степена изложености, пре свега применом индекса температуре и влажности ваздуха (THI). Описани су адаптивни механизми крава на повишене температуре и њихов негативан утицај на конзумирање хране, енергетски статус и производњу млека, нарочито код високопродуктивних животиња. Наглашена је улога адекватне исхране у ублажавању последица топлотног стреса, са посебним освртом на значај органске форме хрома као функционалног

нутритивног додатака у унапређењу метаболичке стабилности, производних перформанси и добробити крава у лактацији.

Научни циљ истраживања. Основни циљ истраживања био је испитивање могућности и ефеката примене хрома у облику хром-пропионата (Kem TRACE, 0,4% Cr) у исхрани крава сименталске расе у лактацији, у условима повишене амбијенталне температуре. У оквиру истраживања праћени су микроклиматски услови током трајања огледа, и анализиран је утицај суплементације obroка хромом на конзумирање хране, производне показатеље (принос и хемијски састав млека), ефикасност искоришћавања хране, као и на метаболички профил крава. Значај истраживања огледа се у фокусу на сименталску расу, доминантну у домаћој популацији говеда, као и на летњи период године, када је топлотни стрес најизраженији. Добијени резултати представљају научно утемељену основу за боље разумевање улоге хрома у ублажавању последица топлотног стреса и унапређење продуктивности и одрживости производње млека.

Преглед литературе. У оквиру овог поглавља систематично и критички су приказана релевантна научна сазнања која се односе на утицај глобалног загревања, топлотног стреса и примене хрома у исхрани крава у лактацији. Поглавље је логично структурисано и подељено на више међусобно повезаних целина које омогућавају јасно сагледавање комплексности истраживане проблематике. У првом делу (3.1) разматра се феномен глобалног загревања и климатских промена, са посебним освртом на њихову динамику и испољавање у Републици Србији (3.1.1), при чему су анализирани трендови температуре, падавина и екстремних климатских догађаја, који су релевантни за пољопривреду са нагласком на сточарску производњу. Други део прегледа литературе (3.2) посвећен је топлотном стресу и његовом утицају на краве у лактацији, где су детаљно објашњени климатски параметри који се користе за његову процену (3.2.1), са посебним акцентом на индекс температуре и влажности ваздуха (ТНІ) као најчешће коришћеног индикатора (3.2.2). У оквиру овог дела приказани су методи израчунавања ТНІ (3.2.2.1), као и категоризација вредности индекса у односу на степен оптерећења животиња топлотним стресом (3.2.2.2). Такође су размотрени физиолошки и метаболички механизми адаптације организма на услове повишене температуре (3.2.3), као и утицај топлотног стреса на конзумирање хране и унос воде (3.2.4), те на принос и хемијски састав млека (3.2.5). У трећем делу (3.3) дат је преглед развоја научних сазнања о хрому као микроелементу, при чему су обрађене његове основне хемијске карактеристике (3.3.1), различити хемијски облици и њихова биолошка доступност (3.3.2). Посебна пажња посвећена је утицају хрома на метаболизам хранљивих материја (3.3.3), са раздвајањем ефеката на метаболизам угљених хидрата, липида и протеина (3.3.3.1–3.3.3.3). Завршни део поглавља (3.3.4) обухвата анализу значаја и ефеката укључивања хрома у оброке крава у лактацији, нарочито у условима повећаног метаболичког и топлотног оптерећења. За сва наведена потпоглавља кандидат је користио релевантну и углавном новију научну литературу, укључујући оригиналне научне радове, прегледне студије и докторске дисертације, чиме је обезбеђена добра теоријска основа за експериментални део дисертације.

Полазне хипотезе у истраживању. Полазна хипотеза овог истраживања заснива се на претпоставци да повећана амбијентална температура и релативна влажност ваздуха током летњег периода, доводе до топлотног стреса код крава у лактацији, што се испољава смањеним конзумирањем хране, нарушеним метаболичким статусом са негативним ефектима на производњу и хемијски састав млека. Претпоставља се да суплементација хрома у облику хром-пропионата може ублажити негативне ефекте топлотног стреса на конзумирање хране, побољшати метаболизам угљених хидрата, липида и протеина и обезбедити ефикасно искоришћавање конзумиране хране, чиме се одржава стабилност производње млека. Такође се очекује да хром-пропионат има повољан утицај на хемијски састав млека и кључне метаболичке параметре крви,

доприносећи бољем здравственом статусу и стабилнијој производњи крава сименталске расе у условима топлотног стреса. С обзиром на практичан изостанак ранијих истраживања о примени хрома код крава у лактацији сименталске расе, у условима топлотног стреса, резултати овог рада пружају нову и релевантну научну вредност за организовање производње млека у неповољним амбијенталним условима.

Материјал и методе истраживања. Ово поглавље подељено је у шест потпоглавља. У првом потпоглављу, *Огледне животиње*, наведен је план огледа, начин формирања и структура огледних група крава, тип објекта и опреме, као и примењен систем муже на фарми на којој је реализован експеримент. Истраживање је спроведено на фарми млечних крава „DMN“ која се налази у околини Пожаревца, око 100 км југоисточно од Београда, Србија. Сви поступци на животињама спроведени су у складу са Законом о заштити животиња (Сл. гл. 41/2009), а експеримент је одобрен од стране Етичког одбора за експерименте на животињама Пољопривредног факултета, Универзитета у Београду, број 323-07-05873/2022-05. Истраживање је обухватило 70 крава сименталске расе, од чега 18 првотелки и 52 краве са више лактација. Оне су биле равномерно распоређене у две физички одвојене групе, контролну (CON) и експерименталну (CrP), ($n = 35$ свака) на основу трајања лактације (CON: 115,89 дана; CrP: 115,09 дана), приноса млека (CON: 29,14 кг/дан; CrP: 29,11 кг/дан) и лактације по реду (CON: 2,77; CrP: 2,74). Свака група је обухватала девет првотелки и 26 крава са више лактација. Краве у огледу су биле смештене у два одвојена бокса, у објекту са слободним системом држања са механичком вентилацијом и имале су слободан приступ свежој води из групних појилица. Експеримент је спроведен током јула и августа и трајао је 8 недеља. Период прилагођавања животиња трајао је 7 дана. Експеримент је постављен као једнофакторијелни оглед, са два третмана, где је испитиван утицај додавања хрома у форми хром-пропионата у комплетно мешаном obroку (TMR) за краве у лактацији у условима топлотног стреса. Праћен је ефекат поменутог препарата на конзумирање суве материје obroка, селективно конзумирање хране, принос и хемијски састав млека, као и најзначајније показатеље метаболичког профила крава. Контролна група је конзумирала комплетно мешани оброк са додатком 200 g прекрупe кукуруза по крави дневно, док је у TMR за огледну групу додавано 2 g KemTRACE (0,4% Cr, Kemin Industries, Des Moines, Iowa, САД) претходно помешаних са 198 g прекрупe кукуруза. На почетку експеримента нису уочене статистички значајне разлике ($p > 0,05$) између параметара посматраних у огледној и контролној групи крава. У другом потпоглављу *Хемијски састав, физичка форма obroка и исхрана огледних животиња*, приказан је састав комплетно мешаног obroка који је коришћен за исхрану огледних група крава, са детаљним приказом хемијског састава и карактеристика коришћених хранива. Кабасти део obroка се састојао од силаже целе биљке кукуруза, сенаже луцерке, сенаже ражи, сена луцерке и пшеничне сламе, док се концентровани део obroка састојао од прекрупe зрна житарица, протеинских и минералних хранива и витаминско-минералног премикса, меласе шећерне репе, глицерола, протектиране урее, као и натријум бикарбоната и магнезијум оксида као пуфера. Наведене су коришћене методе за хемијску анализу хранива и obroка, као и поступак детерминисања физичке форме TMR и неконзумираног остатка. Хемијска анализа узорака хранива која су чинила комплетно мешани оброк за краве у огледу (TMR), као и неконзумираног остатка, обављена је у Лабораторији за исхрану домаћих и гајених животиња Пољопривредног факултета Универзитета у Београду. Узорци намењени хемијској анализи прикупљани су у правилним интервалима, два пута недељно током читавог трајања експеримента, чиме је обезбеђена репрезентативност. Након сакупљања, узорци су транспортовани у ручном фрижидеру, а затим замрзавани на $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до момента спровођења аналитичких процедура. Узорци су најпре подвргнути процесу сушења на температури од $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ у сушници са вештачком

вентилацијом, током периода од 48 сати, након чега је осушени материјал самлевен на лабораторијском млину (Kinematica PX-MFC 90D, Maltes, Швајцарска) коришћењем сита пречника 1 mm. Узорци су анализирани према званичним методама АОАС (АОАС, 2002). Садржај суве материје (SM) је детерминисан сушењем на 105 °C током 16 сати (метода 967.03). Садржај сировог пепела (SPe) је одређен сагоревањем узорка на 540–600 °C током 2 сата (метода 942.05). Садржај сировог протеина (SP) је одређена Kjeldahl методом коришћењем K₂SO₄/Cu катализатора (Kjeltabs S 3.5), на систему Buchi Speed Digester 439 + Acid Scrubber B-414 + Buchi Distillation Unit K-350 + SI Analytics Automatic Titrator TitroLine 7000. Садржај сирове масти (SMa) одређен је коришћењем диетил-етера у Soxhlet апаратури (метода 920.39). Сирова целулоза (SC) је одређена према методи Henneberg и Stohmann (метода 978.10). За детерминисање фракције влакана нерастворљиве у неутралном детергенту (NDF) примењен је поступак по Van Soest – у са коришћењем термостабилне α-амилазе (A3306; Sigma-Aldrich, St. Louis, Мисури, САД), без коришћења натријум-сулфита и без корекције за садржај пепела (метод 2002.04). Фракција влакана нерастворљива у киселом детергенту (ADF) је одређена методом по Van Soest – у (метод 973.18). Садржај калцијума, фосфора и хрома у TMR-у и неконзумираном остатку детерминисан је коришћењем индуктивно повезане плазма масене спектрометрије (ICP-MS), применом уређаја Thermo iCAP Q (Thermo Scientific, Bremen, Немачка), уз претходну дигестију узорака помоћу START D микроталасног система за дигестију (Milestone S.r.l., Sorisole, Италија). Оброк је формулисан коришћењем CVB модела: CVB Table Booklet Feeding of Ruminants (CVB, 2008), као и CVB Feed Table (CVB, 2021), за краве телесне масе 650 kg, са производњом млека од 29 kg/дан, са 4,0% млечне масти и 3,4% протеина. Комплетно мешани оброк је дистрибуиран једном дневно, у 7:00 часова ујутру, уз помоћ микс-приколице BVL запремине 8 m³ са интегрисаном вагом за мерење масе хранива и obroка. Одређивање физичке форме TMR-а и неконзумираног остатка вршена је два пута недељно, коришћењем система сита Penn State Particle Separator (PSPS). У наредном потпоглављу *Амбијентална температура и релативна влажност ваздуха*, кандидат наводи да су температура (AT) и релативна влажност (RH) у објекту мерене три пута дневно, у 06:00, 14:00 и 22:00 часа, коришћењем уређаја data logger-а Testo 174H (Testo Ltd., Hampshire, UK), који је био постављен у центру објекта, на висини од 1,5 m изнад тла. Индекс температуре и влажности (THI-Temperature-Humidity Index) израчунат је употребом модела: $THI = (1,8 \times AT + 32) - (0,55 - 0,0055 \times RH) \times (AT - 26,8)$, где је AT амбијентална температура (°C), а RH релативна влажност (%). У четвртом потпоглављу *Детерминисање приноса и хемијског састава млека* приказан је начин регистравања приноса млека, поступак узимања узорака и одређивање хемијског састава млека. Мужа је обављана два пута дневно (07:00 и 19:00 часова), а појединачни принос млека је аутоматски бележен приликом сваке муже коришћењем уређаја (DemaTron 70, GEA Farm Technologies, Düsseldorf, Немачка). Узорци млека прикупљани су три пута током трајања експерименталног периода, и то у трећој, петој и осмој недељи огледа. Након прикупљања, узорци су транспортовани у лабораторију у преносивом фрижидеру, најкасније 30 минута након узорковања. Хемијски састав млека, укључујући основне параметре као што су садржај масти, протеина, лактозе и суве материје, одређен је применом инфрацрвене спектроскопије коришћењем инструмента LactoScope Filter C4+ (Delta Instruments, Drachten, Холандија). На основу добијених вредности за хемијски састав млека, извршен је прорачун укупно произведених количина масти, протеина, лактозе и суве материје. У наредном поглављу, *Биохемијски параметри крви крава*, представљен је поступак узимања узорака крви и наведене су примењене методе за анализу одабраних параметара метаболичког профила крава у лактацији. У циљу утврђивања параметара метаболичког профила, узорци крви су прикупљени од по 15 крава из сваке експерименталне групе пункцијом репне вене (*vena coccigea*). Узимање

узорака вршено је приближно један сат пре јутарњег храњења. Узорци су транспортовани у лабораторију у преносивом фрижидеру, у року од 60 минута након прикупљања. По завршетку процеса коагулације, узорци су центрифугирани при $1500 \times g$ у трајању од 10 минута, чиме је омогућено потпуно раздвајање серума од ћелијског дела крви. Одређивање концентрације биохемијских параметара крви извршено је на аутоматском биохемијском анализатору (A15, BioSystems, Шпанија), а испитивани су концентрација глукозе, укупних протеина, албумина, калцијума, фосфора, урее, укупног билирубина, триглицерида, β -хидрокси бутерне киселине (BHBA), као и активност ензима аспартат-аминотрансферазе (AST) и гама-глутамил трансферазе (GGT). У оквиру последњег, шестог потпоглавља, *Статистичка анализа података*, наводи се да су подаци из истраживања анализирани коришћењем дескриптивних статистичких показатеља, као што су аритметичка средина, стандардна девијација и коефицијент варијације. Статистичка обрада прикупљених података спроведена је коришћењем програмског пакета JASP v.0.15 (JASP Team, 2021). За процену статистичке значајности разлика између средњих вредности коришћен је Student-ов t-тест. Значајност резултата је тестирана на нивоима $p < 0,05$ и $p < 0,01$.

Резултати истраживања и дискусија. Резултати истраживања, заједно са дискусијом, систематично су представљени кроз више тематских целина, у складу са описаним материјалом и примењеном методологијом рада. Приказани су у четири потпоглавља, од којих се нека састоје од више целина у складу са анализираним параметрима. Резултати истраживања су представљени текстуално, у табелама и графиконима, и размотрени у поређењу са релевантним литературним изворима.

У првом потпоглављу, *Индекс температуре и влажности и ниво топлотног стреса* приказани су резултати праћења кључних микроклиматских параметара у објекту – температуре и релативне влажности ваздуха. Просечне дневне вредности температуре ваздуха током експерименталног периода кретале су се од $22,4^{\circ}\text{C}$ до $28,8^{\circ}\text{C}$, док је средња дневна температура за укупан период огледа износила $24,73 \pm 1,75^{\circ}\text{C}$. За разлику од температуре, релативна влажност ваздуха у објекту показивала је израженије варијације, у интервалу од 50,1% до 88,2%, са просечном дневном вредношћу од $64,9 \pm 9,13\%$. Просечна вредност индекса температуре и влажности (THI) током експеримента износила је $76,45 \pm 2,80$. Вредности температурно-хумидног индекса су током целог посматраног периода биле изнад прага од 72, што јасно указује на присуство константног топлотног стреса код огледних група крва.

Друго потпоглавље *Конзумирање и физичка форма хране*, чине два дела: *Конзумирање суве материје оброка* и *Физичка структура комплетно мешаног оброка и неконзумираног остатка*. Анализом конзумирања суве материје оброка утврђено је да су краве храњене TMR-ом са додатком хрома оствариле статистички значајно повећање уноса суве материје за 4,11% у односу на контролну групу ($p < 0,01$). Анализа расподеле величина честица TMR-а применом PSPS (Penn State Particle Separator) методе показала је одсуство значајних разлика ($p > 0,05$) у дистрибуцији фракција и просечној величини честица између испитиваних група, како у оброку које су краве конзумирале тако и у неконзумираном остатку, што указује да је TMR у обе групе био уједначен у физичкој форми и да суплементација хром-пропионатом није утицала на селективно конзумирање хране.

Наредно потпоглавље *Продуктивност и хемијски профил млека*, обухвата шест целина: *Принос млека*, *Садржај и принос млечне масти*, *Садржај и принос протеина млека*, *Садржај и принос лактозе*, *Садржај и принос суве материје млека* и *Ефикасност искоришћавања хране*. Резултати анализе дневне производње млека, праћене кроз три узастопне контроле хемијског састава током читавог експерименталног периода, показали су да су краве храњене оброком са додатком хром-пропионата (CrP) оствариле за 4,58% већи принос млека ($p < 0,01$) у поређењу са

контролном групом (CON). Сходно томе, забележен је и већи принос млека коригованог на 4% млечне масти (4% МКМ), који је код огледне групе био повећан за 4,08% у односу на контролу ($p < 0,01$). Такође, код крава које су конзумирале оброк са додатком хрома, забележено је статистички значајно ($p < 0,01$) повећање приноса млечне масти (4,46%), протеина (4,21%), лактозе (3,79%) и суве материје (3,51%). Међутим суплементација хром-пропионата није имала утицај на садржај млечне масти, укупног протеина млека, лактозе и суве материје млека. Није утврђен значајан ефекат додавања органске форме хрома у оброк за краве у лактацији, током огледног периода, на ефикасност искоришћавања хране (СМ) за производњу 4% МКМ. У оквиру прве контроле млечности није утврђена статистички значајна разлика ($p > 0,05$) у просечном дневном приносу млека између контролне и огледне групе, иако је код крава из огледне групе, храњених obroком са додатком хром-пропионата, забележена већа производња млека за 3,13% у односу на контролну групу. Сличан тренд уочен је и код приноса млека стандардизованог на 4 % млечне масти. Поред тога, нису констатоване значајне разлике у хемијском саставу млека (садржај млечне масти, протеина, лактозе и суве материје), нити у приносу наведених компоненти. Током друге контроле млечности забележен је статистички значајно већи принос млека код крава из CrP групе у односу на групу храњену TMR-ом без додатка хрома, при чему је утврђено повећање од 6,28 % ($p < 0,05$). Анализа приноса млека коригованог на стандардни садржај млечне масти од 4% указала је на сличан однос између испитиваних група као и за принос некоригованог млека. Разлика у приносу млека коригованог на 4 % млечне масти била је такође статистички значајна ($p < 0,05$) и износила је 8,16 %. У погледу хемијског састава млека у овој контроли није утврђена статистички значајна разлика у садржају масти и протеина млека, између испитиваних група, иако су приноси ових компоненти у огледној групи показали тенденцију раста без достизања нивоа статистичке значајности ($p = 0,06$ за млечну маст и $p = 0,09$ за протеин млека). Укупни принос лактозе је био статистички значајно већи у CrP групи ($p < 0,05$), што је последица већег приноса млека, уз мање изражено варирање у садржају, унутар група. Није утврђена значајна разлика, како у садржају, тако и у укупном приносу суве материје млека између испитиваних група, што указује на одсуство утицаја додавања хрома на овај параметар. Добијени резултати друге контроле млечности потврђују полазну претпоставку да додавање хрома може остварити повољан утицај на производне параметре код млечних крава. У трећој контроли млечности по први пут током трајања огледног периода уочава се опадање производње млека у обе посматране групе крава. Овај пад највероватније је последица дуготрајне изложености животиња деловању топлотног стреса. Знатно израженији пад бележи се у контролној групи, где су животиње конзумирале оброк без додавања хрома. Разлика у количини произведеног млека између експерименталних група износила је 7,52% ($p < 0,01$) у корист групе крава чији је оброк био суплементиран хромом (CrP група). Поређењем вредности за принос 4% МКМ, могу се констатовати и нешто израженије разлике између група (7,82%, $p < 0,01$). Када се анализирају хемијске компоненте млека, односно садржај масти и протеина млека, као и лактозе и суве материје млека, није утврђена статистички значајна разлика између огледних група. Међутим, већа производња млека у огледној групи праћена је пропорционалним порастом приноса појединачних компоненти млека, и ове разлике су биле статистички значајне ($p < 0,05$). Код крава у лактацији које су храњене obroком са додатком хрома, принос млечне масти био је већи за 8,33%, принос протеина за 8,6%, док су разлике у приносима лактозе и суве материје млека износиле 7,03% и 8,31%, респективно, у односу на контролну групу.

У оквиру четвртог потпоглавља, *Биохемијски показатељи крви крава у огледу*, представљени су резултати анализе метаболичког профила крава у оквиру обе огледне групе. Изабрани су биохемијски маркери који одражавају метаболичко стање организма

и могу указивати на потенцијалне дисбалансе изазване нутритивним или физиолошким факторима. Од биохемијских параметара крви анализирани су концентрација глукозе, укупних протеина, албумина, макроелемената (калцијум и фосфор), као и урее, билирубина и триглицерида. Поред тога, анализирани су нивои ензима AST и GGT као параметри који могу указати на здравствени статус и функцију јетре, док је концентрација бета-хидроксибутирата (BHBA) коришћена за процену енергетског статуса организма. Анализом резултата утврђено је да између контролне групе (CON) и експерименталне групе (CrP) на почетку огледа није било статистички значајних разлика ни у једном од анализираних биохемијских параметара ($p > 0,05$). Добијени подаци указују да су обе групе биле уједначене по питању почетног метаболичког и здравственог статуса, што обезбеђује валидност поређења ефеката суплементације хром-пропионатом током трајања експеримента. Анализа биохемијских параметара крви, спроведена на средини огледног периода, указала је на постојање одређених разлика између контролне групе крава и групе суплементиране хром-пропионатом. Концентрација глукозе у крви била је виша код крава из CrP групе за 6,34%, при чему је утврђена гранична статистичка значајност ($p = 0,05$). Концентрација укупних протеина била је нешто нижа код крава из CrP групе 3,33% у поређењу са CON групом, али без статистички значајне разлике ($p = 0,12$). Сличан образац уочен је и код концентрације албумина, при чему су вредности у обе групе биле изнад референтних опсега, без статистичких разлика. Вредности калцијума и фосфора налазиле су се у оквиру физиолошких граница и биле су готово идентичне у обе посматране групе, што указује на очуван минерални статус животиња и на то да примена хром-пропионата није нарушила минералну равнотежу током огледног периода. Код крава храњених оброком са додатком хром-пропионата, регистровано је изражено смањење концентрације урее у крвном серуму (20,76%, $p < 0,01$) у односу на контролну групу. Овај налаз може указивати на интензивнију активност микробне популације у бургу, односно на ефикасније укључивање амонијака у синтезу микробног протеина, чиме је смањена количина слободног амонијака доступног за апсорпцију и накнадну детоксикацију у јетри. Концентрације билирубина и триглицерида, као и активности ензима (AST и g-GT), нису се статистички значајно разликовале између група, а све измерене вредности налазиле су се у оквирима физиолошки прихватљивих референтних опсега, што указује на задовољавајући здравствени статус и функцију јетре. Вредности β -хидроксибутирата (BHBA) биле су ниске и испод прага за дијагностиковање субклиничке кетозе ($< 1,2 \text{ mmol/l}$), без статистички значајних разлика између посматраних група. Анализа биохемијских параметара крви спроведена на крају огледног периода показала је присуство више значајних разлика између контролне групе крава и групе која је конзумирала оброк са додатком органске форме хрома, што указује на кумулативни ефекат примене овог адитива током трајања експеримента. Најизраженије разлике утврђене су у концентрацији глукозе у крви, која је код крава из CrP групе била статистички значајно виша у односу на контролу (19,72%, $p < 0,01$). Интензивирање овог тренда, који је уочен и на средини огледног периода, указује да ефекат хрома није искључиво акутног карактера, већ се временом појачава, доприносећи стабилизацији енергетског статуса животиња у условима топлотног стреса. Поред тога, забележено је статистички значајно смањење концентрације урее у крвном серуму код CrP групе ($p = 0,01$), што додатно потврђује повољан утицај хром-пропионата на метаболизам азота, односно протеина. Концентрације укупних протеина и албумина биле су нешто више у CrP групи (за 3,86% и 3,20%, респективно), али без статистички значајних разлика у односу на групу крава храњених оброком без додавања хрома ($p = 0,18$ и $p = 0,51$), при чему су обе вредности остале унутар референтних физиолошких граница. Садржај калцијума и фосфора није се значајно разликовао између посматраних група и кретао се у оквирима физиолошких вредности, што указује на очуван минерални статус

животиња до краја огледног периода. Нису утврђене значајне разлике у погледу активности ензима AST и GGT између група ($p = 0,20$ и $p = 0,14$, респективно), иако су вредности GGT у обе групе биле изнад референтног опсега, што може указивати на благу ензимску активацију јетре, без клинички релевантних поремећаја функције. Концентрације билирубина остале су унутар физиолошких граница и без значајних разлика између огледних група. Вредности триглицерида биле су стабилне и готово идентичне у обе групе, што сугерише да додатак хром-пропионата није имао битан утицај на липидни метаболизам. Посебно треба нагласити значајно нижу концентрацију β -хидроксимутирата (ВНВА) код крава из CrP групе (17,14%; $p = 0,04$) у односу на контролу, што указује на смањену синтезу кетонских тела и повољнији енергетски статус животиња које су добијале хром-пропионат. Анализом биохемијских параметара, током целокупног огледног периода, утврђено је да су се краве храњене оброком са додатком органске форме хрома, одликовале значајно већом концентрацијом глукозе у крви (8,39%), уз истовремено смањење концентрације урее (14,85%) и β -хидроксимутирата (17,14%), док за остале биохемијске показатеље нису детерминисане значајне разлике између посматраних група.

Закључак. На основу спроведеног истраживања о утицају додавања хром-пропионата (CrP) у комплетно мешан оброк крава сименталске расе у лактацији, у условима високе температуре, као и статистичке анализе и поређења добијених резултата са релевантним литературним подацима, кандидат је извео закључке од значаја за научну и стручну праксу, у потпуности усклађене са постављеним циљевима и хипотезама истраживања.

Експеримент је спроведен у условима умереног топлотног стреса, на шта указује средња вредност температурно-хумидног индекса (ТНІ) која је износила 76,45. Утврђен је значајан позитиван ефекат ($p < 0,01$) додавања хрома у форми хром-пропионата у комплетно мешани оброк (ТМР) за краве у лактацији, на конзумирање суве материје obroка. Анализом физичке структуре obroка као и неконзумираног остатка, закључено је да између огледних група није било значајних разлика у расподели појединачних фракција и уситњености комплетно мешаног obroка, као и неконзумираног остатка, што указује да је конзумирање појединих фракција ТМР-а било уједначено код обе групе крава. Принос млека као и млека коригованог на 4% млечне масти (4% МКМ) био је значајно већи ($p < 0,01$) код крава које конзумирале оброк са додатком хрома. Хемијски састав млека није се значајно разликовао између група, док је принос појединих компонената – млечна маст, протеин млека и лактоза, био значајно већи ($p < 0,01$) код крава храњених оброком са додатком хром-пропионата. Садржај суве материје у млеку се није значајно разликовао између огледних група, док је принос суве материје млека био значајно већи ($p < 0,01$) у огледној групи која је конзумирала ТМР са додатком хрома. Није детерминисан значајан ефекат коришћења хрома у obroку на ефикасност искоришћавања хране за производњу 4% МКМ. Анализом биохемијских параметара крви утврђено је да је концентрација глукозе била статистички значајно виша ($p < 0,01$) код крава које су конзумирале оброк са додатком органске форме хрома, у поређењу са контролном групом, док се концентрација укупних протеина и албумина, као и вредности за калцијум и фосфор, нису значајно разликовале између група и налазиле су се унутар физиолошких граница. Коришћење хром-пропионата довело је до значајног смањења садржаја урее у крви ($p = 0,02$), док се концентрације билирубина и триглицерида нису значајно разликовале. Активност ензима аспартат-аминотрансферазе и гама-глутамил трансферазе била је у одређеној мери нижа код крава које су конзумирале оброк са додатком органске форме хрома, при чему наведене разлике нису биле значајне. Детерминисана је и значајно нижа концентрација β -хидроксимутирата код крава које су добијале хром-пропионат, у односу на контролну групу ($p = 0,04$), при чему су вредности за обе огледне групе остале у оквиру

физиолошких граница.

Резултати истраживања указују да додавање хрома у форми хром-пропионата у оброк крава у лактацији сименталске расе, у условима високе температуре, позитивно утиче на производне параметре и метаболички статус животиња, доприносећи унапређењу производних перформанси и енергетског метаболизма. Из резултата спроведеног истраживања, може се закључити да коришћење наведене органске форме хрома у оброцима за краве у лактацији, може позитивно утицати на укупну ефикасност производње млека, као и да додатно укључивање адекватних извора хрома, може бити један од сегмената у хранидбеној стратегији за млечне краве, а у циљу ублажавања негативних ефеката организовања производње у субоптималним амбијенталним условима, који су изазвани неповољним глобалним климатским тенденцијама.

Литература. У овом поглављу кандидат је навео 246 литературних извора. Разматране референце су адекватне за тему и циљеве истраживања.

Прилози. Укупно 30 прилога пружају детаљан приказ резултата и статистичке обраде података добијених у току огледа.

5. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације представљају оригинална систематска и свеобухватна испитивања утицаја коришћења органске форме хрома у obroку за краве сименталске расе у лактацији, у условима високе амбијенталне температуре, током летњих месеци у Републици Србији. У оквиру огледа анализирани су ефекти примене овог додатка на конзумирање и ефикасност искоришћавања хране, производњу и хемијски састав млека, као и на одабране биохемијске параметре, са посебним освртом на услове топлотног стреса дефинисаног повишеним вредностима индекса температуре и влажности (ТНП). Добијени резултати омогућавају поуздано поређење са раније објављеним иностраним истраживањима спроведеним на другим расама млечних говеда и у специфичним климатским условима, чиме се проширује постојећа научна база знања.

Посебан научни допринос дисертације огледа се у чињеници да су ефекти хром-пропионата по први пут испитивани на сименталској раси крава, која доминира у домаћој популацији говеда, при чему је евидентан изостанак сличних студија и у иностраној литератури. Резултати указују на значајну улогу хрома у унапређењу производних перформанси и метаболичке стабилности производних животиња у условима термичког оптерећења, што има посебан значај у светлу актуелних климатских промена.

Поред научног доприноса, добијени налази имају и значајну практичну вредност, јер пружају јасне смернице за примену испитиване форме хрома у исхрани млечних крава у реалним производним условима. Утврђени резултати доприносе бољем разумевању улоге хрома у очувању здравственог статуса и производних перформанси крава сименталске расе и представљају поуздану основу за даља истраживања ефеката његовог коришћења у исхрани других производних категорија и раса говеда, као и других врста гајених животиња, нарочито у субоптималним климатским условима.

6. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Кандидат је аутор једног научног рада, тематски повезаног са дисертацијом, објављеног у међународном SCI индексираном часопису.

1. **Stojković, B., Stojanović, B., Davidović, V., Ignjatović, A., Ivetić, A., Simunović, S., Grujičić, I.** (2025): Effect of chromium propionate supplementation on lactation performance and blood parameters of Simmental cows in mid-lactation under heat stress. Chilean Journal of Agricultural Research, 85(2), 268–276. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392025000200268> IF(2024) = 1,7 (M22)

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе докторске дисертације под насловом: **„Ефекти коришћења хрома у исхрани крива сименталске расе током лактације у условима високе спољне температуре“**, кандидата Благоја М. Стојковића, мастер инжењера пољопривреде, Комисија сматра да је дисертација урађена према одобреној Пријави теме и да представља оригинално и самостално научно дело. Докторанд је систематично анализирао резултате релевантних истраживања других аутора, јасно дефинисао предмет и програм сопственог истраживања, као и циљ и основне хипотезе. У обради података примењене су одговарајуће статистичке методе, док су добијени резултати критички размотрени и адекватно интерпретирани, што је омогућило извођење валидних и научно утемељених закључака.

На основу свега изнетог, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију мастер инжењера пољопривреде Благоја М. Стојковића, под насловом: **„Ефекти коришћења хрома у исхрани крива сименталске расе током лактације у условима високе спољне температуре“** и предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да усвоји Извештај о позитивној оцени и омогући кандидату јавну одбрану докторске дисертације.

У Београду, 24. 02. 2026. године

Чланови Комисије:

Др Весна Давидовић, редовна професорка
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Исхрана, физиологија и анатомија
домаћих и гајених животиња

Др Предраг Перишић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет
Ужа научна област: Одгајивање и репродукција домаћих
и гајених животиња

Др Иван Вујанац, редовни професор
Универзитет у Београду-Факултет ветеринарске медицине
Ужа научна област: Болести папкара

Др Александра Иветић, виша научна сарадница
Институт за примену науке у пољопривреди у Београду
Ужа научна дисциплина: Исхрана домаћих и гајених животиња

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Оцена извештаја о провери оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације под насловом: „Ефекти коришћења хрома у исхрани крава сименталске расе током лактације у условима високе спољне температуре“, кандидата Благоја М. Стојковића, мастер инжењера пољопривреде, констатујем да утврђено подударање текста износи 12%. Утврђен степен подударности последица је цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, цитираних метода који су примењени у истраживању као и претходно публикованих резултата истраживања из ове докторске дисертације у раду са SCI листе, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

У Београду, 24. 02. 2026. године

Ментор:

Др Бојан Стојановић, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни
факултет
Ужа научна област: Исхрана, физиологија и
анатомија домаћих и гајених животиња

