

Iðragerjun íslenskra mjólkurkúa

Rannsókn á áhrifum blöndu ilmkjarnaolía
(Agolin) á afurðamyndun og losun metans

Jóhannes Kristjánsson, Gunnhildur Gísladóttir og Jóhannes Sveinbjörnsson



Rit Lbhí
nr. 192



Landbúnaðarháskóli Íslands, 2026.

Rit Lbhí nr. 192

ISSN 1670-5785

ISBN 978-9935-512-72-7

Verkefnið var styrkt af: matvælaráðuneytinu- nú atvinnuvegaráðuneyti- og umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytinu.

Höfundar: Jóhannes Kristjánsson, Gunnhildur Gísladóttir og Jóhannes Sveinbjörnsson

Ljósmynd á forsíðu: Gunnhildur Gísladóttir

Landbúnaðarháskóli Íslands starfar á sviði sjálfbærrar auðlindanýtingar, búvísinda, umhverfisvísinda, skipulagsfræði og matvælaframleiðslu á norðurslóðum. Fagfólk skólans nýtur akademísks frelsis og hefur sjálfðæmi við val á viðfangsefnum, túlkun niðurstaðna og birtingu þeirra, innan ramma starfsreglna skólans. Hlutverk Rits Lbhí er að miðla faglegri þekkingu en það er ekki ritrýnt. Efni hvers rits er á ábyrgð höfunda og ber ekki að túlka sem álit Landbúnaðarháskóla Íslands.

Efnisyfirlit/Contents

Summary.....	1
Samantekt	2
Inngangur	3
Efni og aðferðir	4
Fóður og fóðrun.....	4
Tilraunaskipulag og gripir.....	5
Sýnataka og mælingar.....	6
Tölfræðileg úrvinnsla	7
Niðurstöður.....	7
Umræður og ályktanir	8
Þakkir.....	8
Heimildir	9

Summary

The objective of the reported study was to determine the effect of the essential oil blend Agolin Ruminant® on CH₄ and CO₂ emissions, milk production and milk composition in an Icelandic dairy cow herd. The cows were fed with a grass silage-based diet and additional concentrate was fed depending on milk yield (MY), partly in the GreenFeed system that was used to measure emissions. The herd received 2 treatments with cross-over design, a control treatment and a treatment where Agolin came mixed with the concentrate from the feed manufacturer.

Compared to Control the supplementation Agolin did not have any significant effect on any of the parameters measured, neither emission or production parameters. Earlier studies have shown variable effect of Agolin on these parameters, in some cases little or no effect as in this study, but in some studies, there have been considerable positive effects. Several factors can influence the efficiency of Agolin, including its concentration in the feed, feeding methods, stage of lactation, production level and general feed composition.

Samantekt

Markmið rannsóknarinnar var að ákvarða áhrif ilmkjarnaolíublöndunnar Agolin Ruminant® á CH₄ og CO₂ losun frá iðragerjun mjólkurkúa, mjólkurframleiðslu og efnasamsetningu mjólkur hjá íslenskri mjólkurkúahjörð. Kýrnar voru fóðraðar með grasvotheyi, ásamt kjarnfóðri eftir nyt, að hluta til í GreenFeed bási sem notaður var til að mæla losun CH₄ og CO₂. Hjörðin fór í gegnum tvær tilraunameðferðir með cross-over tilraunaskipulagi, kontrólmeðferð án Agolin og meðferð þar sem kjarnfóðrið kom frá fóðurframleiðanda blandað með Agolin.

Í samanburði við kontrólmeðferðina hafði Agolin engin marktæk áhrif á neina af mældum breytum, hvorki losun gróðurhúsalofttegunda, mjólkurframleiðslu né efnainnihald mjólkur. Fyrri rannsóknir hafa sýnt breytileg áhrif Agolin á þessa þætti, í sumum tilfellum lítil eða engin áhrif eins og í þessari rannsókn, en í sumum rannsóknum hafa verið töluverð jákvæð áhrif. Nokkrir þættir geta haft áhrif á virkni Agolin, þar á meðal styrkur þess í fóðrinu, fóðrunaraðferðir, mjólkurskeið, framleiðslustig og almenn fóðursamsetning

Inngangur

Vegna vaxandi eftirspurnar eftir mjólkurvörum fer mjólkurframleiðsla, einkum frá kúm, ört vaxandi á heimsvísu. Svo dæmi sé tekið, jókst mjólkurframleiðsla um 30% en mjólkurkúm fjölgaði um 11% milli ára 2005 og 2015. Afurðaaukning á hvern grip sem ráða má af þessum tölum á stóran þátt í því að á sama tíma dró úr losun gróðurhúsalofttegunda á hvern lítra mjólkur sem nam 11% (FAO, 2019). Einnig er í gangi töluverð þróun bætiefna í fóður sem ætlað er að draga úr framleiðslu metans frá iðragerjun.

Ilmkjarnaolíur (e.essential oils) eru efnaskiptaafurðir í plöntum sem talið er að hafi möguleika sem bætiefni í fóðri vegna sterkra bakteríudrepandi eiginleika þeirra, sem kemur að gagni við að draga úr metanlosun þegar virkni þeirra beinist að metanmyndandi bakteríum, eins og sýnt hefur verið fram á í ýmsum rannsóknum (Evans & Martin, 2000, McIntosh o.fl., 2003). Blanda ilmkjarnaolíu undir framleiðsluheitinu Agolin Ruminant hefur lengi verið á markaði. Áhrif íblöndunar þessa efnis í fóður á metanlosun nautgripa hefur reynst breytileg í bæði in vivo og in vitro tilraunum (Castro-Montoya o.fl., 2015). Ein skýring á þessum breytilegu niðurstöðum getur verið að örveruflóra vambarinnar lagi sig að fóðurbætiefnunum, þannig að skammtímaáhrif bætiefnanna til lækkunar á metanmyndun verði ekki að langtímaáhrifum (Klop o.fl., 2017).

Í safngreiningu (e. meta-analysis) 23 mjólkurkúatilrauna voru skoðuð áhrif íblöndunar Agolin í fóður á mjólkurframleiðslu, vambargerjun, metanlosun og heilsufar (Belanche o.fl., 2020). Niðurstöður gefa til kynna að aðlögunartímabil upp á að minnsta kosti fjórar vikur sé nauðsynlegt til að áhrif komi fram. Tilraunir með notkun Agolin til skamms tíma sýna yfirleitt breytileg og gjarnan fremur lítil áhrif, en notkun til lengri tíma (>4 vikur) sýndu að Agolin viðbót jók nyt kúnna um að meðaltali 3,6%, orkuleiðrétta mjólk um 4,1% og fóðurnýtingu um 4,4% án frekari áhrifa á efnasamsetningu mjólkur og át. Langtímagjöf Agolin dró einnig úr metanlosun: á dag (8,8%), á kg étins þurrefnis (12,9%), á kg orkuleiðréttrar mjólkur (9,9%), án þess að breytingar á gerjunarmynstri í vömb kæmu fram. Meginályktun Belanche o.fl. (2020) af þessari samantekt var að þó að verkunarháttur sé enn óljós og fáar rannsóknir hafi verið skoðaðar, sé Agolin áhugaverður valkostur til að bæta framleiðni og draga úr metanlosun mjólkurkúu. Becker o.fl. (2023) tóku þessar niðurstöður Belanche o.fl. (2020) og fleiri niðurstöður aðeins lengra og sýndu fram á að Agolin Ruminant hefði jákvæð áhrif á kolefnisspor mjólkur upp á 10%.

Efni og aðferðir

Fóður og fóðrun

Tilraunameðferðir voru tvær. Borin var saman fóðrun án metanletjandi bætiefna (Kontról) við fóðrun með metanletjandi bætiefninu Agolin. Í báðum meðferðum var gefið kjarnfóður eftir sömu kjarnfóðurlúfu með hliðsjón af nyt og á hvaða mjaltaskeiði kýrnar voru (2. tafla). Í Agolin-meðferðinni hafði bætiefninu Agolin® verið bætt í kjarnfóðrið Hagnyt 16 í styrknum 925 mg/kg kjarnfóðurs. Kjarnfóður var gefið í kjarnfóðurbás, í mjaltþjóni og í GreenFeed metanmælingabúnaðinum.

Gróffóðurhluti fóðursins samanstóð af þremur rúllum, þar sem tvær voru af fyrri slætti með vallarfoxgrasi sem ríkjandi grastegund; og ein rúllan var af öðrum slætti, nema í mæliviku 1, þegar allar voru af fyrri slætti. Meðal gróffóðurát á grip og meðalsamsetning gróffóðurs á þurrefnisgrunni eftir mælivikum er birt í 1. töflu.

1.tafla. Meðalgróffóðurát á grip og meðalefnainnihald gróffóðursins eftir mælivikum í tilrauninni.

	Mælivika					
	1	2	3	4	5	6
Gróffóðurát, kg þe á grip á dag	12,0	12,3	14,0	12,3	11,4	12,4
Þurrefni %	44,2	54,0	50,7	45,5	44,0	44,1
OMD (meltanleiki lífr. efnis), %	73,0	75,1	74,9	72,8	72,8	72,9
Efnasamsetning, g/kg þurrefni						
Aska						
NDF (tréni)	477	435	430	473	474	472
Hráprótein (CP)	146	146	146	154	154	154
Sykrur	38	42	41	34	34	34
Aðrar mælingar						
Ómeltanlegt NDF (iNDF), g/kg þe	71	82	82	77	77	77
Leysanl. hráprót. (sCP), g/kg CP	93	87	89	91	91	91

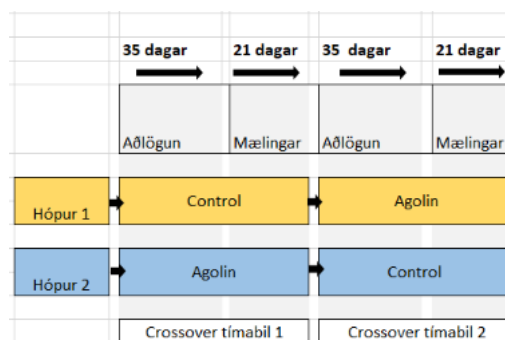
2. tafla. Kjarnfóðurgjöf, kg á grip á dag.

Nyt kg/dag	Mjaltaskeið 1		Mjaltaskeið 2		Mjaltaskeið ≥3	
	Hagnyt 16	Blanda 2*)	Hagnyt 16	Blanda 2*)	Hagnyt 16	Blanda 2*)
15	0,8		0,3		0,2	
20	4,5		4,5	0,2	3,3	
25	7,5	0,5	7,0	1,1	6,8	
30	10,0	1,4	9,0	2,6	9,6	0,6
35	7,7	6,7	8,3	6,5	11,2	3,8
40		15,2		15,8	4,8	10,9
45				15,8		15,5

*) Blanda 2 var Hvanneyri 13 á fyrri mælitímabilinu en Góðnyt 19 á seinna mælitímabilinu. Efnainnihald þessara fóðurblandna má nálgast hér: www.norfor.info/services/norfor-feed-table/

Tilraunaskipulag og gripir

Í tilrauninni var notað „Cross-over“ skipulag, þar sem allar kýr fóru bæði í gegnum Kontról-meðferðina og Agolin-meðferðina, en í mismunandi röð. Kýrnar voru í tveimur hópum, þar sem hópur 1 fór fyrst í Kontról meðferðina (á tímabili 1) og svo í Agolin-meðferðina (á tímabili 2), en hópur 2 fór fyrst í gegnum Agolin-meðferðina (á tímabili 1) og svo í gegnum Kontról meðferðina (á tímabili 2). Í tilraunina voru valdar kýr sem var reiknað með að mundu verða mjólkandi út tilraunatímabilið. Nýbornar kýr voru ekki með í tilrauninni til að draga úr óstöðugleika í áti og nyt á tilraunatímabilinu. Fyrri tíðni heimsókna í GreenFeed básinn var líka skoðuð, og kýr með <2 heimsóknir á dag útilokaðar frá þátttöku í tilrauninni.



1. mynd. Tilraunaskipulagið – sjá skýringar í texta.

Til að jafna kúnum í meðferðirnar út frá aldri, nyt og stöðu á mjaltaskeiði var kúnum í upphafi skipt í sex blokkir sem hver um sig innihélt sem líkasta gripi hvað þessa þætti varðar. Kúm úr hverri blokk var svo raðað tilviljanakennt í hópana tvo. Hvort tímabil var átta vikur þar sem fyrstu fimm vikurnar voru aðlögun að fóðrinu og síðustu þrjár vikurnar voru mælivikur. Alls voru mælivikurnar því sex, og tilheyra mælivikur 1-3 (tilraunavikur 6-8) tímabili eitt og mælivikur 4-6 (tilraunavikur 14-16) tilheyra tímabili tvö. Alls luku 34 kýr (16 á fyrsta

mjaltskeiði, 6 á öðru mjaltskeiði og 12 eldri) tilrauninni, sem stóð yfir frá 7. október 2024 til 26. janúar 2025.

Sýnataka og mælingar

Kýrnar voru í lausagöngufjósi með stýrðri umferð að mjaltþjóni. Þær höfðu frjálsan aðgang að gróffóðri (1. tafla) á fóðurgangi og kjarnfóðurgjöf (2. tafla) í kjarnfóðurbás, í mjaltþjóni og í GreenFeed metanmælingabúnaðinum. Nyt var sjálfvirkt skráð með hjarðforriti. Vikulega voru mjólkursýni tekin frá hverjum grip og send til greininga á Rannsóknastofu mjólkuriðnaðarins, þar sem greind var frumutala, fita, prótein og úrefni í mjólkinni.

Til að leggja mat á fóðurát hjarðarinnar, voru rúllur til dagsgjafar vigtaðar einn dag í hverri mæliviku. Fóðurleifum var safnað og þær vigtaðar eftir þann mælidag. Sýni voru tekin úr rúllum og fóðurleifum í hverri mæliviku til þurrefnisákvörðunar og efnagreininga. Þau voru geymd frosin og við lok tilraunar voru þau þurrkuð og möluð. Þurrkuðu sýnin voru send til greininga hjá Efnagreiningu ehf. Fóðurefnagreiningarnar voru framkvæmdar og niðurstöður þeirra settar fram samkvæmt aðferðum Norfor- fóðurmatskerfisins (Ákerlind o.fl., 2011). Vikulega var holdastig kúnna metið með sjálfvirkum búnaði til holdastigunar sem byggir á notkun þrívíddarmyndavélar og ber nafnið DeLavalBCS (DeLaval International AB). Búnaðurinn hefur verið prófaður hérlendis (Jóhannes Kristjánsson, 2023) og borinn saman við hefðbundið sjónrænt holdastigamat (Ferguson, 1994).

GreenFeed mælingabás (GreenFeed system, C-Lock Inc., Rapid City, SD) var notaður til að mæla metan (CH_4) og koltvísýring (CO_2) í útöndun hjá gripum á einstaklingsgrunni. Búnaðurinn er settur upp af framleiðanda samkvæmt leiðbeiningum Zimmerman o.fl. (2012). Allar kýrnar höfðu frjálsan aðgang að búnaðinum, en eingöngu þær kýr sem voru í tilrauninni fengu kjarnfóðurskammt inni í GreenFeed- básnum, sem notaður var til að lokka kýrnar þar inn. Búnaðurinn var stilltur til að losa hámark átta fóðurskammta (40 g/skammt) með 35 sekúndna millibili í hverri heimsókn gripsins í tækið. Slíka fóðrun gat gripurinn fengið að hámarki sex sinnum á sólarhring með lágmark fjögurra klukkustunda millibili, til að tryggja sem besta dreifingu mælinga yfir sólarhringinn. Meðalfjöldi heimsókna á sólarhring var 2,8 á grip. Gerð var krafa um að lágmarki eina heimsókn á sólarhring, það er fimm heimsóknir í hverri mæliviku til að gripur reiknaðist með í tilraunauppgjöri.

Loftsiur í tækinu voru hreinsaðar vikulega og skynjarar voru kvarðaðir tvisvar í viku. Framkvæmd var mæling á endurheimtarhlutfalli CO_2 áður en tilraunin hófst, eftir fjórar vikur og í lok tilraunar. Búnaðurinn skráir mælingar þegar kýrnar setja höfuðið rétt inn í tækið samkvæmt nálægðarskynjara. Við þær aðstæður safnar tækið öllu gasi sem gripurinn andar út og metur losun gastegundanna út frá loftflæðinu og rauntíma hlutfalli CH_4 og CO_2 í útöndunarloftinu sem safnað var. Þetta var síðan leiðrétt fyrir bakgrunnsloftstreymi, hitastigi, CH_4 og CO_2 styrk í byggingunni þegar enginn gripur var í tækinu. Í lok tilraunarinnar fór gagnateymi C-Lock yfir gögnin sem söfnuðust á tilraunatímabilinu og fjarlægði ófullkomnar mælingar (t.d. of stuttar heimsóknir, röng höfuðstaða o.s.frv.) úr gagnasafninu áður en tölfræðileg úrvinnsla fór fram.

Tölfræðileg úrvinnsla

Gögnum var safnað og þau skipulögð og undirbúin fyrir tölfræðiuppgjör í Microsoft® Office Excel töflureikninum. Fyrir tölfræðiuppgjör var notað tölfræðiforritið SAS Enterprise Guide 7.11 (©2015, SAS Institute, Cary, NC, USA). Notuð var greiningarrúttin PROC MIXED.

Eftirfarandi tölfræðilíkan var notað í endanlegu uppgjöri:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + A_l + (A_l)^2 + w_{ijkl} + \varepsilon$$

Þar sem Y_{ijkl} er háða mælibreytan hverju sinni (þ.e. CH₄, nyt, efnasamsetning mjólkur o.s.frv.), og gildi hennar samanstendur af eftirfarandi þáttum: α_i : áhrif tilraunameðferðar; β_j : áhrif tilraunaviku (1-6); γ_k : áhrif mjaltaskeiðs (1, 2, ≥ 3); $A_l + (A_l)^2$ er annarrar gráðu aðhvarf daga á mjaltaskeiði (DIM); w_{ijkl} : slembihrif einstakra gripa; ε : tilraunaskekkja.

Niðurstöður

5. tafla. Áhrif tilraunameðferða á losun CH₄ og CO₂, nyt og efnainnihald mjólkur.

Mælibreyta	Meðferð			p-gildi
	Kontról	Agolin	Skekkja, SE	
CH ₄ g/dag	400	401	9,00	0,76 (EM)
CO ₂ g/dag	11.444	11.413	208	0,59 (EM)
Nyt, kg mjólk/dag	23,4	23,4	0,99	0,98 (EM)
Mjólkurfita %	4,05	4,01	0,10	0,48 (EM)
Mjólkurprótein %	3,47	3,46	0,05	0,47 (EM)
Úrefni %	5,09	4,94	0,18	0,17 (EM)
Holdastig	3,53	3,52	0,05	0,20 (EM)

Í stuttu máli sagt hafði Agolin íblöndun ekki marktæk áhrif á neinar af þeim breytum sem mældar voru og greindar, sbr. 5. töflu.

Umræður og ályktanir

Íblöndun Agolin í kjarnfóður hafði engin marktæk áhrif á losun gróðurhúsalofttegunda né mjólkurframleiðslu kúnna í þeirri tilraun sem hér hefur verið sagt frá, þrátt fyrir að aðlögunartími væri langur áður en mælingar hófust, sem er atriði sem bent hefur verið á að skipti miklu máli út frá fyrri rannsóknum (Belanche o.fl., 2020). Sama greining benti einnig til að aðrir áhrifaþættir á árangur af notkun ilmkjarnaolía í fóður væri stærð skammts og fóðrunaraðferð, staða á mjaltaskeiði, framleiðslustig og samsetning fóðurs að öðru leyti. Allar tilraunirnar sem safngreining Belanche o.fl. (2020) byggir á voru með stóran hluta gróffóðursins úr heilsæðisvotheyi af maís, hveiti eða byggi sem er fóður sem er talsvert ólíkt grasvotheyinu sem notað var í tilraun okkar.

Hart o.fl. (2019) fundu um 10% aukningu á nyt án breytingar á efnainnihaldi mjólkur og um 6% minnkun á metanlosun þegar Agolin var bætt í fóður mjólkurkúa. Þetta saman gerði það að verkum að metanlosun minnkaði úr 17,2 í 13,8 g á hvern lítra mjólkur, eða um tæp 20%, sem eru óvenju mikil áhrif miðað við aðrar tilraunir. Í þessari tilraun var Agolin þynnt út í vatni og blandað við kjarnfóðurköggla daglega, sem svo voru settir saman við heilfóður. Í danski tilraun þar sem gróffóðrið var gras- og smáravothey fundust engin áhrif af Agolin, bættu í heilfóður, á át, nyt, efnasamsetningu mjólkur, fóðurnýtingu eða metanlosun (Borsting o.fl., 2026). Niðurstöður þeirrar tilraunar sem hér hefur verið gerð grein fyrir ásamt stuttu yfirliti um erlendar rannsóknir sýna að ekki er hægt að ganga að því vísu að blöndur af ilmkjarnaolíum á borð við Agolin hafi áhrif á afurðamyndun eða metanlosun mjólkurkúa, þó að í sumum erlendum rannsóknum hafi jákvæður árangur af slíkri íblöndun verið umtalsverður.

Þakkir

Verkefnið var styrkt af matvælaráðuneytinu- nú atvinnuvegaráðuneyti- og umhverfis-, orku- og loftslagsráðuneytinu. Lbhí þakkar þennan stuðning. Egill Gunnarsson þáverandi bústjóri Hvanneyrarbúsins og Björn Ingi Ólafsson fjósameistari fá sömuleiðis þakkir fyrir hjálp við framkvæmd verkefnisins, margvíslega aðstoð og andlegan stuðning.

Heimildir

- Ákerlind M., Weisbjerg M., Eriksson T., Tøgersen R., Udén P. & Ólafsson B.L., 2011. Feed analyses and digestion methods. Ch.5, pp.113-126 in: Volden H (ed.): *Norfor- the Nordic Feed Evaluation System*. EAAP publication no. 130, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. Doi:10.3920/978-90-8686-718-9
- Becker F., Spengler K., Reinicke F. & Diepen C. H. V., 2023. Impact of essential oils on methane emissions, milk yield, and feed efficiency and resulting influence on the carbon footprint of dairy production systems. *Environ Sci Pollut R* 30(17):48824-48836. Doi: 10.1007/s11356-023-26129-8
- Belanche A., Newbold C. J., Morgavi D. P., Bach A., Zweifel B. & Yáñez-Ruiz D. R., 2020. A meta-analysis describing the effects of the essential oils blend Agolin Ruminant on performance, rumen fermentation and methane emissions in dairy cows. *Animals-Basel* 10(4). Doi: 10.3390/ani10040620
- Borsting C. F., Noel S. J., Lashkari S. & Hellwing A. L. F., 2026. Performance, feed efficiency, methane emission and rumen microbiome in lactating dairy cows fed a grass-clover silage-based diet supplemented with an essential oil blend. *Anim. Feed Sci. Technol.* 331. Doi: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116592
- Castro-Montoya J., Peiren N., Cone J. W., Zweifel B., Fievez V. & De Campeneere S., 2015. In vivo and in vitro effects of a blend of essential oils on rumen methane mitigation. *Livest Sci* 180:134-142. Doi: 10.1016/j.livsci.2015.08.010
- Evans, J. D. & Martin, S. A., 2000. Effects of thymol on ruminal microorganisms. *Current Microbiology* 41(5):336-340. Doi: 10.1007/s002840010145
- FAO, 2019. *Climate change and the global dairy cattle sector—the role of the dairy sector in a low-carbon future*. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Ferguson J. D., Galligan D. T. & Thomsen N., 1994. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* 77(9): 2695–2703. Doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X
- Hart K.J., Jones H.G., Waddams K.E., Worgan H.J., Zweifel B. & Newbold C.J., 2019. An essential oil blend decreases methane emissions and increases milk yield in dairy cows. *Open Journal of Animal Sciences* 9: 259-267. Doi:10.4236/ojas.2019.93022
- Jóhannes Kristjánsson, 2023. *Holdafar íslenskra mjólkurkúa (e. Body condition of Icelandic dairy cows – effect on milk yield, health and fertility)*. M.Sc. thesis Agricultural University of Agricultural Sciences, Hvanneyri, Iceland: 74 p. <https://skemman.is/handle/1946/44589>
- Klop G., Dijkstra J., Dieho K., Hendriks W. H. & Bannink A., 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. *J.Dairy Sci.* 100(5):3563-3575. Doi:10.3168/jds.2016-12033

- McIntosh F. M., Williams P., Losa R., Wallace R. J., Beever D. A. & Newbold C. J., 2003. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Applied and Environmental Microbiology* 69(8):5011-5014. Doi:10.1128/Aem.69.8.5011-5014.2003
- Zimmerman P., Zimmerman S., Utsumi S., & Beede D., 2011. Development of a user-friendly online system to quantitatively measure metabolic gas fluxes from ruminants. *Journal of Dairy Science* 94(1): 760.