



Poznań University of Life Sciences

Doctoral dissertation

**Fermented rapeseed cake mitigates enteric greenhouse gasses
production from broiler chickens and dairy cows**

**Fermentowany makuch rzepakowy ogranicza produkcję gazów
cieplarnianych w przewodzie pokarmowym kurcząt rzeźnych
i krów mlecznych**

Min Gao

Field of science: Agricultural sciences

Discipline of science: Animal science and fisheries

Ph.D. dissertation supervisor: Prof. Małgorzata Szumacher

Co-supervisor: Bartosz Kierończyk, Ph.D.

POZNAŃ UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES

**FACULTY OF VETERINARY MEDICINE
AND ANIMAL SCIENCE**

DEPARTMENT OF ANIMAL NUTRITION

**POZNAŃ – POLAND
2023**

I thankfully and gladly acknowledge the funding support from the **GUTFEED-innovative nutrition in sustainable poultry production” realized in the framework of BIOSTRATEG-National Strategic Program of Research and Development, "Environment, Agriculture and Forestry", contract number: BIOSTRATEG1 / 267659/7 / NCBR / 2015**, which offered me the chance to fulfill my Ph.D. research in Poland.



I would like to thank the financial support of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, which offered me a chance to conduct the planned experiment for my dissertation. Research Grants for Young Researchers, **No. 507.533.07 (2018); 506.533.04 (2019); 506.533.04 (2021)**.



I thankfully and gladly acknowledge the funding support from the **framework of the Ministry of Science and Higher Education program "Regional Initiative Excellence" in 2021, project number: 005/RID/2018/19, task no. 13, Animal Science and Fisheries 3/2021**, which also offered me a chance to conduct the planned experiment of my dissertation.



I would like to also thank the support of the **Climate Care Cattle Farming Systems (CCC Farming; ID: 39274)**. Start–End date: 01.01.2020–31.12.2023.



Abstract

In 2021, Poland is the third-greatest producer of rapeseed (17.9%) which is the main oilseed (54.9%) in EU-27. Increasing rapeseed production and its by-product (raw rapeseed cake: RRC) can play an essential role in addressing high-protein feed material deficiency. Meantime, it was subscribed to the belief that fermentation improves crude protein (CP) content from raw feed ingredients at the expense of fermentable sugars which are gas formers. Thus, the prime aim of this dissertation was to investigate the effects of RRC and fermented rapeseed cake (FRC) on enteric methane (CH₄) production of broiler chickens and dairy cows. Two separate studies were conducted to obtain further in-depth information based on our aim. The first study investigated the effects of partial soybean meal replacement using 150 g/kg of RRC or FRC inclusion in broiler chicken diets on the growth performance and selected nutrients digestibility coefficients (1st *in vivo* trial lasted 35d), as well as the cecal methane production (2nd and 3rd *in vitro* trials lasted 14d or 28d, respectively). In the second study, the effect of two types of protein feed materials on enteric CH₄ production, ruminal fermentation, and milk production from lactating dairy cows was evaluated. This study included *in vitro* tests: (1) Hohenheim gas test (200 mg RRC vs. 200 mg FRC), (2) batch culture (0, 28.75, 57.5, 86.25, and 115 g/kg FRC in the diet), and *in vivo* research using: (3) cannulated cows fed total mixed ration (TMR) with 115 g/kg diet of RRC/FRC, (4) dairy cows under commercial farm conditions fed partial mixed ration (PMR) and supplied with RRC/FRC at 2.65 kg/d/cow, and *in situ* test: (5) treatment of 3 g RRC/FRC in dacron bags; incubation time was set to 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, and 72 h. Our results from 1st study showed that soybean meal can be partially replaced by RRC and FRC without detrimental effects on the birds' growth performance, apparent total tract digestibility (ATTD) of ether extract, or nitrogen retention. The reductions of methane production by 21% and 51%, respectively in 14-d-old and 28-d-old broiler chickens were found. The results from 2nd study showed that RRC can be replaced by FRC without the unfavorable effects on the dairy cows' milk production or composition, ATTD of dry matter (DM), organic matter (OM), or CP. Reduction of methane production by 10.2% and 14%, respectively were found in batch culture experiment and *in vivo* cannulated dairy cows trial. The replaced RRC with FRC in the diet also positively enhanced ruminal *Ruminococcus flavefaciens*, *Streptococcus bovis*, *Butyrivibrio proteoclasticus*, *Lactobacillus* spp., and *Megasphaera elsdenii* abundance. Such a microbial condition shifts the ruminal volatile fatty acids (VFA) profile to higher propionate and lower acetate/propionate ratio.

Keywords: fermented rapeseed cake, enteric methane, broiler chickens, dairy cows, fatty acids profile, alternative protein source

Streszczenie

W 2021 roku Polska była trzecim największym producentem rzepaków (17.9%), który jest powszechnie wykorzystywaną rośliną oleistą w Unii Europejskiej (54.9%). Zwiększenie uprawy nasion rzepaku i jego produktu ubocznego (surowy makuch rzepakowy, *raw rapeseed cake* RRC) może odgrywać zasadniczą rolę w przeciwdziałaniu niedoborów wysokobiałkowych materiałów paszowych. Na przestrzeni lat, utwierdziło się przekonanie, że zjawisko fermentacji poprawia zawartość białka ogólnego (CP) w surowcach paszowych kosztem cukrów fermentujących, które są substancjami gazotwórczymi. Z tego względu głównym celem pracy było zbadanie wpływu RRC i sfermentowanego makuchu rzepakowego (*fermented rapeseed cake*, FRC) na produkcję metanu (CH₄) w jelicie ślepych kurcząt brojlerów i żwaczu krów mlecznych. Badania przeprowadzono w dwóch etapach. W pierwszym etapie zbadano wpływ częściowego zastąpienia śruty sojowej przez zastosowanie 150 g/kg RRC lub FRC w diecie kurcząt rzeźnych na wyniki wzrostu, współczynniki strawności tłuszczu surowego i retencję azotu (doświadczenie *in vivo* trwające 35 dni) oraz produkcję metanu (2. i 3. doświadczenie *in vivo* trwające do odpowiednio 14 i 28 doby). W drugim etapie zbadano wpływ dwóch rodzajów pasz białkowych na produkcję CH₄ w żwaczu i produkcję mleka u krów mlecznych w okresie laktacji. Etap ten składał się z pięciu doświadczeń: dwóch *in vitro* (1) Hohenheim gas test (200 mg RRC vs. 200 mg FRC) i (2) batch culture (0, 28.75, 57.5, 86.25 i 115 g/kg FRC w dawkach pokarmowych), oraz dwóch eksperymentów w warunkach *in vivo*: (3) z udziałem krów przetokowanych do żwacza żywionych TMR (*Total Mixed Ration*) z dodatkiem 115 g/kg RRC lub FRC oraz (4) z udziałem krów mlecznych w warunkach gospodarstwa komercyjnego żywionych PMR (*Partly Mixed Ration*) suplementowaną RRC lub FRC w ilości 2.65 kg/d/krowę. Przeprowadzono również badanie w warunkach *in situ*: (5) dodatek 3 g RRC lub FRC w próbie, czas inkubacji 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 lub 72 godzin.

Wyniki pierwszego etapu doświadczenia wykazały, że poekstrakcyjna śruta sojowa może być częściowo zastąpiona przez RRC i FRC bez negatywnego wpływu na wyniki wzrostu kurcząt rzeźnych oraz współczynnik pozornej strawności całkowitej (ATTD) tłuszczu surowego oraz retencję azotu. Nastąpiło ograniczenie produkcji metanu o 21% (2. doświadczenie) i o 51% (3. doświadczenie) u kurcząt brojlerów. Badania z wykorzystaniem krów mlecznych wykazały, że RRC może zostać zastąpione przez FRC bez niekorzystnego wpływu na produkcję i skład mleka krów, ATTD suchej masy (DM), masy organicznej (OM) i białka ogólnego (CP). Stwierdzono również ograniczenie produkcji metanu zarówno w warunkach *in vitro* (o 10.2%), jak i *in vivo* (o 14%). Zastąpienie RRC przez FRC w dawce

pokarmowej krów mlecznych zwiększyło liczebność populacji bakterii: *Ruminococcus flavefaciens*, *Streptococcus bovis*, *Butyrivibrio proteoclasticus*, *Lactobacillus spp.* i *Megasphaera elsdenii* bytujących w płynie żwacza. Taki stan drobnoustrojów moduluje profil lotnych kwasów tłuszczowych w żwaczu (*volatile fatty acids*, VFA), co skutkuje wyższym stężeniem kwasu propionowego i niższą wartością stosunku kwasu octowego do kwasu propionowego.

Słowa kluczowe: fermentowany makuch rzepakowy, metan, kurczęta rzeźne, krowy mleczne, profil kwasów tłuszczowych, alternatywne źródło białka

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M. Kucala', is centered on the page.