

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15962

研究課題名(和文) 養豚飼料に昆虫は利用可能か？—魚粉と昆虫の代替が母豚や哺乳仔豚に及ぼす影響解析—

研究課題名(英文) Can insects available for swine feed? -Research on the impacts of fish meal and insect meal substitution on sows and piglets-

研究代表者

川崎 淨教 (Kawasaki, Kiyonori)

香川大学・農学部・准教授

研究者番号：30739206

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本試験では哺乳仔豚のキチン分解酵素分泌時期の特定や母豚へ昆虫粉末給餌を行い、子豚の成長成績や消化管組織形態、血中・糞中免疫グロブリン濃度などを調査した。その結果、子豚は哺乳中からキチン分解酵素を分泌可能であることや昆虫粉末含有飼料は母豚を介して子豚の免疫機能を活性化させる可能性や、昆虫粉末を摂取している母豚の哺乳仔豚では、成長成績および栄養吸収能力に影響は見られないことが示された。これらのことから昆虫粉末は哺乳仔豚の餌付け飼料給餌時期から利用可能であること、母豚飼料中の魚粉の代替飼料原料として利用可能であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、昆虫粉末であるミールワーム粉末は養豚用飼料として魚粉と代替可能であることが示された。さらに、単なる魚粉との代替資源ではなく、昆虫粉末は哺乳仔豚の栄養吸収能力や免疫を賦活させる可能性が示された。飼料用昆虫は本来焼却や埋立処分される野菜加工残渣を餌料として飼育されたものであることから、天然資源である魚粉と比べ昆虫粉末の生産は持続可能性が高いと言える。我が国はほとんどの資源を輸入に頼っているにもかかわらず、食品ロス量は世界的に上位の位置にある。現在廃棄されているものから新たな飼料原料を生産することが可能となれば、我が国の飼料自給率向上につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated a possibility of chitinase secretion in suckling piglets and feeding insect powder to sows to determine the piglets' growth performance, gastrointestinal tissue morphology, and immunoglobulin concentrations in blood and feces. The results showed that piglets can secrete chitinase during suckling. Moreover, feeding insect powder-containing diets to sows may activate the immune function of suckling piglets, but did not affect their growth performance or nutrient absorption ability. These results suggest that insect powder can be used from the suckling piglet feeding period and can be used as a substitute feed ingredient for fishmeal in the sow's diet.

研究分野：動物栄養学

キーワード：ブタ 飼料用昆虫 ミールワーム キチン分解酵素

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、魚粉価格の高騰により魚粉の代替飼料として昆虫粉末が注目されている。昆虫粉末は難消化性のキチンを含んでいるが、豚はキチン分解酵素を持っていることが報告されており、豚は昆虫粉末を消化できると考えられた。そこで申請者が魚粉と昆虫(ミールワーム)粉末を完全代替した飼料を離乳後の子豚に給餌したところ、昆虫粉末給餌により、子豚の増体重が低値を示し、糞中細菌叢に変化が見られた。このことから、子豚が昆虫粉末をうまく消化できていない可能性を見出した。

2. 研究の目的

本研究では、離乳前後の子豚のキチン分解酵素活性や mRNA 発現量を解析し、子豚の昆虫粉末給餌可能時期を明らかにすることや、昆虫粉末がブタ母乳成分や哺乳子豚の免疫系に及ぼす影響を明らかにすることで、昆虫粉末の養豚飼料への利用可能性を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

3 - 1. 豚のキチン消化能力獲得時期の特定

子豚(LWD)42頭(雄21頭および雌21頭)を用い、14日齢から7日齢ごとに56日齢まで6頭(雄3頭および雌3頭)ずつ解剖を行い、胃組織を採取した。採取した胃組織中のキチン分解酵素[acidic mammalian chitinase (AMCase)]のmRNA発現量をリアルタイムPCR法によって測定した。また、どの時期の子豚でもキチン分解酵素のmRNA発現を確認できる可能性もあるため、胃組織中のキチン分解酵素濃度についても市販のキットを用い吸光度法により測定した。

3 - 2. ブタ母乳成分に及ぼす影響の解析

妊娠母豚(LW)10頭を用い、分娩予定2週間前から子豚(LWD)が離乳するまでの42日間、トウモロコシや大豆粕を主体とした対照飼料[魚粉2%(市販飼料と同等量)含有、n = 5]または試験飼料(ミールワーム粉2%含有、n = 5)を給餌した。分娩日に初乳を採取し、離乳日(分娩後28日目)に常乳を採取した。採取した豚乳中の栄養素成分(粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、乳糖など)を測定し、免疫グロブリン(IgAとIgG)はELISA法により測定した。

3 - 3. 哺乳子豚の免疫系に及ぼす影響の解析

母豚の試験と並行して行うことで、子豚血液や子豚臓器を採材した。採血と採糞は7日齢時と28日齢時に行い、解剖は28日齢時に行った。子豚の血漿中抗体濃度測定はELISA法により実施し、血中リンパ球サブセットの比率はフローサイトメーターを用いて行った。また、子豚の小腸を採取し、絨毛高・パイエル板面積を測定した。さらに、小腸(空腸・回腸)の粘膜をスライドグラスで剥離し、消化酵素活性測定を行った。子豚の脾臓・肝臓、腎臓・小腸・大腸の重量を測定し、脾臓は一部を採取しリンパ球構成を解析に用いた。

4. 研究成果

4 - 1. 豚のキチン消化能力獲得時期の特定

子豚のAMCase遺伝子発現は成長ステージ間で差がなく、子豚は哺乳期からAMCaseを分泌する能力を有していることが示唆された(図1)。一方、胃におけるChit1 mRNAの発現量は、AMCase mRNAの発現量と比較して少ないか検出されなかった。また、子豚が離乳を始めても相対的なAMCase mRNAの発現量は大きく変化せず、離乳のストレスが遺伝子発現量に大きく影響することはないようであった。

本研究では、離乳前と離乳後のステージでAMCase濃度は年齢による増加傾向を示さなかったが、豚の成長に伴い胃粘膜の重量と面積が増加するため、胃粘膜の単位面積あたりのAMCase量が同じであっても、年齢とともにキチンの分解量は増加することになる(図2)。このことから、豚の飼料中の昆虫粉末濃度は、豚の成長段階に応じて増加させることが可能であることが示唆された。

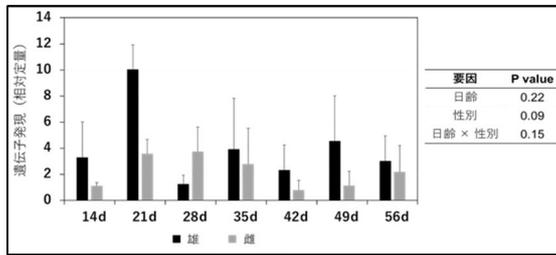


図 1 . AMCase 遺伝子発現

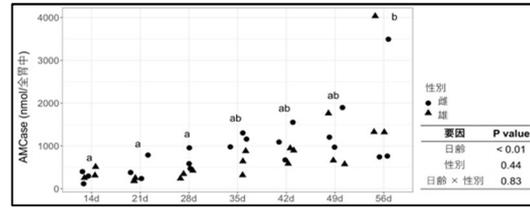


図 2 . AMCase 分泌量

4 - 2 . ブタ母乳成分に及ぼす影響の解析

ブタ母乳中粗成分(タンパク質、脂質、灰分)や乳糖、IgA、IgG 濃度は試験区間で有意差は見られなかった。しかしながら、子豚において後述のような差が見られたことから、ブタ母乳中のアミノ酸組成や微量成分が変化している可能性がある。

4 - 3 . 哺乳子豚の免疫系に及ぼす影響の解析

ミールワーム粉含有飼料を母豚へ給餌した際の哺乳子豚の平均増体重に有意差は見られなかったため、哺乳子豚の成長成績の観点から、母豚へミールワーム粉飼料を含有率 2%程度であれば影響なく給餌できることが示唆された。また、28 日齢時の子豚の肝臓重、脾臓重、腎臓重、消化管重、小腸重、小腸の長さそれぞれの体重に対する割合では、腎臓重および腎臓重割合が M 区で有意に低い値を示し、その他の臓器では試験区間に有意差は見られなかった。

本試験での子豚離乳時の平均産子数は C 区で 7.3 頭、M 区で 9 頭であった。これらのことから、M 区では平均産子数の違いによって、哺乳子豚一頭あたりのタンパク質摂取量が減少し、それにより子豚の腎臓重割合が低下したのではないかと考えられる。

腸管では、空腸および回腸での絨毛高が M 区で有意に低い値を示し、十二指腸および空腸、回腸での陰窩深が M 区で有意に低い値を示した。その結果算出される絨毛高・陰窩深比は十二指腸で M 区の方が有意に高い値を示した(図 3)。

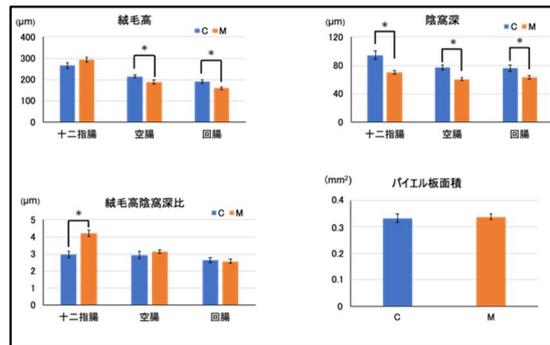


図 3 . 離乳時子豚消化管組織形態

腸管粘膜での糖分解酵素活性では、空腸のスクラーゼ活性で M 区の方が有意に高い値を示した(図 4)。ミールワーム粉含有飼料の母豚への給餌により、哺乳子豚の絨毛高は有意に低い値を示した一方で、陰窩深や糖分解酵素活性が高い値を示したことから、栄養吸収能力では差がなく、結果として子豚哺乳期の平均増体重に影響を与えなかったのではないかと考えられる。

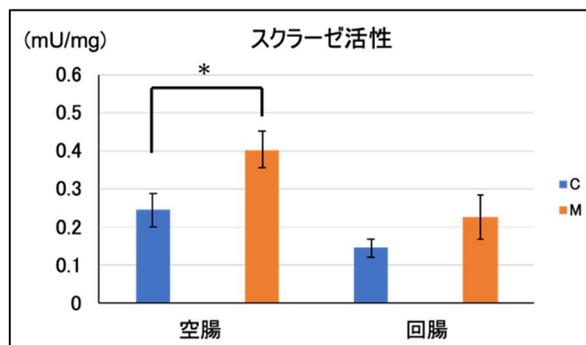


図 4 . 離乳子豚小腸粘膜中スクラーゼ活性

本試験の細胞表面マーカーの結果では、M区で脾臓中のCD3およびCD4、CD8割合が有意に高い値を示した。CD3はT細胞を、CD4はヘルパーT細胞を、CD8はキラーT細胞を示している。母豚へのミールワーム粉含有飼料給餌により、母乳を介し脾臓中T細胞が活性化され、免疫活性が向上したのではないかと考えられる(図5)。

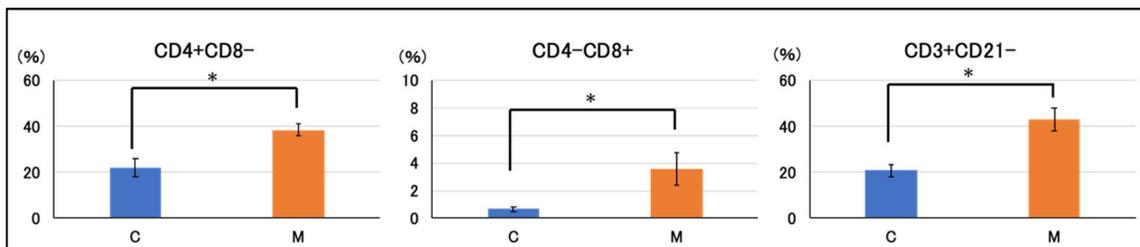


図5．離乳時子豚脾臓中リンパ球サブセット

本試験では母豚へミールワーム粉を給餌した際の子豚の成長成績および免疫機能、栄養吸収能力などの解析を行なったが、コントロール飼料と比較してミールワーム粉含有飼料は免疫機能を活性化させる可能性があることが示唆されたことや、成長成績および栄養吸収能力は影響なく発育することが示唆された。これらのことから昆虫粉末は魚粉の代替飼料原料として利用可能であることが示唆された。一方で、本試験での昆虫粉末含有飼料による小腸組織形態やスクラーゼ活性の変化やT細胞の割合増加などの作用機序が解明できていないため今後明らかにする必要はある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawasaki Kiyonori, Osafune Tomomi, Tamehira Saya, Yano Kiminobu	4. 巻 11
2. 論文標題 Piglets can secrete acidic mammalian chitinase from the pre weaning stage	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1297
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-80368-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 川崎浄教	4. 巻 92
2. 論文標題 昆虫の飼料利用に関する研究動向と今後の課題	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本畜産学会報	6. 最初と最後の頁 265-278
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2508/chikusan.92.265	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山岡光流、中島稔生、為平紗也、矢野公伸、川崎浄教
2. 発表標題 母豚へのミールワーム粉の給餌が乳成分および哺乳子豚体重に及ぼす影響の評価
3. 学会等名 日本畜産学会第128回大会
4. 発表年 2020年～2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	矢野 公伸 (Yano Kiminobu)	香川大学・農学部附属農場・技術専門職員 (16201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------