

学 位 論 文 要 旨

氏 名

ムハマッド タヒール

題 目

ブロイラーにおける飼料用酵素の消化促進機構に関する研究
(Mechanism of Digestion Stimulating Action of Feed Enzyme in Broilers)

大型化した近代畜産業においては飼料利用率のわずかな差が経営に大きく影響する。そのような状況を背景として飼料用酵素の開発が行われてきた。飼料用酵素の最初の成功はリンの利用率改善を目的として開発されたフィターゼであり、これはすでに世界中で広く利用されている。一方、最近、微生物由来の粗酵素を用いて炭水化物および蛋白質の消化率が改善される可能性が示され実用化が試みられている。しかし、これは効果が一定せず、まだ広く普及するまでに至っていない。本研究では炭水化物および蛋白質の消化率を確実に高める飼料用酵素の開発を最終目標として基礎的研究を行った。

植物の細胞壁は主としてセルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンによって構成されその中に栄養素となる澱粉や蛋白質が包み込まれている。しかし、動物の消化液にはこれらの物質を分解する酵素が含まれておらず、細胞壁で保護された栄養素の相当量が消化をまぬがれ排泄される。

ブロイラー飼料の多くはトウモロコシと大豆粕を主成分としているが、トウモロコシと大豆粕はそれぞれ 8.1%および 19.1%の不消化性多糖類（セルロース、ヘミセルロース、ペクチンなど）を含んでおり、飼料中乾物の 15~25%は消化されず排泄される。

本研究では精製されたセルラーゼ、ヘミセルラーゼおよびペクチナーゼを用いて不消化性多糖類の分解とブロイラーにおけるトウモロコシ・大豆粕飼料の消化率との関係を明らかにし、さらに消化促進機構の解明を試みた。

まず、3種の酵素をそれぞれ単独で飼料に添加してブロイラーに与え消化率ならびに成長に及ぼす影響を調べた。その結果、いずれの酵素にも単独では消化率を改善する効果はほとんどなく、ペクチナーゼとセルラーゼを組み合わせたとき消化率が改善され、成長が促進されることが分かった。この結果はペクチナーゼが消化促進に最も重要であることを示している。ペクチンの分解が消化促進の要となっているのであればペクチンの構成要素であるガラクトツロン酸（セルロースおよびヘミセルロースには含まれない）の放出が増加するとき消化促進がおけると予想し、in vitro 消化試験でこの検証を試みた。予想通り、乾物および蛋白質の消化率とガラクトツロン酸放出量の間に有意な相関が認められ、ペクチン分解が消化促進の引き金となっていることを示した。

学 位 論 文 要 旨

氏 名	Muhammad Tahir
題 目	Mechanism of Digestion Stimulating Action of Feed Enzyme in Broilers (ブロイラーにおける飼料用酵素の消化促進機構に関する研究)

Brief description

In the modern poultry industry, the profit often depends on the small difference in digestibility of the feed. Thus feed enzyme has been developed to improve digestibility of the poultry feed. Phytase is the first successful feed enzyme developed to improve phosphate utilization and is now using widely. On the other hand, it was reported recently that mold-derived crude carbohydrases may improve digestibility of poultry feeds and thus commercialization of these enzymes is in advance. However, a difficulty of commercialization exists due to the inconsistent effects of the enzymes. The final purpose of the present study was to develop an enzyme preparation which effectively and consistently improves digestibilities of protein and energy in poultry.

The plant cell wall is mainly consisted of cellulose, hemicellulose, pectin and lignin and a part of nutrients such as starch and protein are entrapped by these substances resulting in a lower digestibility of the feed. Mono-gastric animals can not digest these polysaccharides due to the lack of enzymes, which enable cleavage of these substances.

Although corn-soybean diet is considered to be favorable for poultry due to its high nutritional value, poultry cannot digest 15-25% of the diet. Corn and soybean contain 8.1% and 19.1% polysaccharides (cellulose, hemicellulose and pectin), respectively, and the polysaccharides limit their nutritional values.

The present study aimed to show the effectiveness of purified cellulase, hemicellulase, pectinase or their combinations on the digestion of poultry feed and to clarify the mechanism of the digestion stimulating effects of these enzymes.

In the first series of experiments, respective 3 enzymes were tested and shown that any single enzyme might not be sufficient to render the encapsulated nutrient existed in the cell wall for digestion in broilers when fed corn-soybean meal diet. In the second series of experiments, combinations of pectinase with cellulase or hemicellulase was examined similarly as the first series of experiments and shown that the combination of pectinase and cellulase is important to stimulate the digestion. The growth of the birds was stimulated by the treatment with this combination of the enzymes. In the third series of experiments, the effects of the three enzymes either single or their combinations on monosaccharides releases from corn-soybean meal diet were examined using an *in vitro* digestion system. As expected, concentration of galacturonic acid which is the constituent of pectin in the medium was increased by the combination of pectinase and cellulase and clear regressions between digestibilities of dry matter and protein and galacturonic acid concentrations were shown.

学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏 名	ムハマッド タヒール
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 林 國興
	副査 鹿児島大学 助教授 大塚 彰
	副査 宮崎大学 教授 川村 修
	副査 佐賀大学 教授 柳田 晃良
	副査 琉球大学 教授 屋 宏典
審査協力者	
題 目	Mechanism of Digestion Stimulating Action of Feed Enzyme in Broilers (ブロイラーにおける飼料用酵素の消化促進機構に関する研究)
<p>大型化した近代畜産業においては飼料利用率のわずかな差が経営に大きく影響する。そのような状況を背景として飼料用酵素の開発が行われてきた。飼料用酵素の最初の成功はリンの利用率改善を目的として開発されたフィターゼであり、これはすでに世界中で広く利用されている。一方、最近、微生物由来の粗酵素を用いて炭水化物および蛋白質の消化率が改善される可能性が示され実用化が試みられている。しかし、効果が一定せず、まだ広く普及するまでに至っていない。本研究では炭水化物および蛋白質の消化率を確実に高める飼料用酵素の開発を最終目標として基礎的研究を行った。</p> <p>植物の細胞壁は主としてセルロース、ヘミセルロース、ペクチン、リグニンによって構成されその中に栄養素となる澱粉や蛋白質が包み込まれている。しかし、動物の消化液にはこれらの細胞壁構成物質を分解する酵素が含まれておらず、細胞壁構成物質だけでなく細胞壁で保護された栄養素の相当量が消化されず排泄される。</p> <p>ブロイラー飼料の多くはトウモロコシと大豆粕を主成分としているが、トウモロコシと大豆粕はそれぞれ 8.1%および 19.1%の不消化性多糖類(セルロース、ヘミセルロース、ペクチンなど)を含んでおり、飼料中乾物の 15~25%は消化されない。</p>	

本研究では精製されたセルラーゼ、ヘミセルラーゼおよびペクチナーゼを飼料に添加して不消化性多糖類の分解を試み、ブロイラーにおけるトウモロコシ・大豆粕飼料の消化率との関係を明らかにし、さらに消化促進機構の解明を試みた。

先ず、3種の酵素をそれぞれ単独で飼料に添加してブロイラーに与え消化率ならびに成長に及ぼす影響を調べた。その結果、いずれの酵素も単独では消化率を改善する効果はわずかであり、ペクチナーゼと他の2種の酵素を組み合わせたとき消化率が改善され、成長が促進されることが分かった。この結果はペクチナーゼが消化促進に最も重要であることを示している。ペクチンの分解が消化促進の要となっているのであればペクチンの構成要素であるガラクトツロン酸（セルロースおよびヘミセルロースには含まれない）の放出が増加するとき消化促進がおこると予想し、*in vitro* 消化試験でこの検証を試みた。予想通り、乾物および蛋白質の消化率とガラクトツロン酸放出量の間に有意な相関が認められ、ペクチン分解が消化促進の引き金となっていることを示した。

以上のように、本研究は、ペクチナーゼ、ヘミセルラーゼおよびセルラーゼを組み合わせることで飼料に添加することにより植物細胞壁分解が促進され、エネルギーおよび蛋白質の消化率が向上、飼料の節約が可能になることを実証、さらにそのメカニズムの一端を示したものであり、学位論文として十分な価値があるものと判断した。

最終試験結果の要旨	
学位申請者 氏 名	ムハマッド タヒール
審査委員	主査 鹿児島大学 教授 林 國興
	副査 鹿児島大学 助教授 大塚 彰
	副査 宮崎大学 教授 川村 修
	副査 佐賀大学 教授 柳田 晃良
	副査 琉球大学 教授 屋 宏典
審査協力者	
実施年月日	平成19年 1月22日
試験方法（該当のものを○で囲むこと。） (口答)・筆答	
<p>主査及び副査は、平成19年1月22日の公開審査会において学位申請者に対して、学位申請論文の内容について説明を求め関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。以上の結果から、審査委員会は申請者が博士（農学）の学位を受けるに必要な十分な学力ならびに識見を有すると認めた。</p>	

学位申請者
氏 名

ムハマッド タヒール

質問 1 あなたの使用したブロイラー用の飼料にはどの程度のペクチン、ヘミセルロースおよびセルロースが含まれていますか。

答え 1 測定していませんが不消化性物質が約 20%、ペクチンは主原料のトウモロコシにはほとんど含まれず、大豆粕には約 5%含まれています。

質問 2 酵素の使用量が多すぎませんか。適切な酵素の量と最適な酵素の組み合わせを教えてください。

答え 2 酵素のレベルについて十分検討したわけではありませんが、共同研究者が一応適切なレベルを決めております。現在のところ真にピュアな酵素を入手することができませんので厳密に酵素の組み合わせを決めることはできませんでしたが、酵素の組み合わせが重要であり特にペクチナーゼが重要な役割をはたしていることは明らかにできたと思います。

質問 3 高蛋白飼料に比べて低蛋白飼料の消化率が低くなっていますがこの理由をどう考えますか。

答え 3 (当人は自分の考えをいろいろ述べたが納得のいく答えにはならなかった。事後、話し合った結果、飼料の蛋白レベルを調節すると使用原料の比に違いが生じることに思い至った。蛋白レベルの低い飼料ではトウモロコシの割合が多く蛋白質の消化率を低下させたと考えられる。)

質問 4 Carcassの意味を教えてください。臓器は取り除いてありますか。

答え 4 屠体から羽と内臓を除いたもので腹腔内の脂肪も除かれています。

質問 5 飼料用酵素の価格を教えてください。

答え 5 この実験で用いた酵素は精製された試薬ですから高価ですが、実際に用いる飼料用酵素は糞から取った粗酵素ですから安価です。実際の価格については知りませんが飼料用アミノ酸等に比べても十分現実味のある価格だと思います。

質問6 飼料用酵素は消化管内のどの部分で働いているのですか。

答え6 それについては検討していないのでよく分かりませんが、消化管の全ての部分で作用しているのではないかと思います。In vitro の実験では胃と小腸中の状況を再現しているわけですが、in vitro でも酵素の効果が認められます。

質問7 飼料添加物としてプロバイオティクスが用いられておりますがどちらが経済的ですか。

答え7 よく調べたわけではありませんがプロバイオティクスに比べ酵素の方が価格が安いという報告を見たことがあります。