

## 総説

**P 1- 6** ニワトリ腸管 L 細胞とグルカゴン様ペプチド-1 分泌  
平松浩二

**P 7- 17** ニワトリの疾病制御におけるマイクロ RNA 研究の最前線  
Yang Wang

**P 18- 27** ニワトリにおける D-アミノ酸の栄養特性と機能  
友永省三・古瀬充宏

## 研究報告

### 栄養・飼料

**P 28- 36** ふ化から 35 日間のブロイラーにおいて、低リン食におけるクロコウジカビ由来のフィターゼの添加が、成長指標、脛骨の特徴、リン排泄および肉質に及ぼす影響  
Karthika Srikanthithasan, Shemil P. Macelline, Samiru S. Wickramasuriya, Himali Tharangani, Li-Ang, Dinesh D. Jayasena and Jung-Min Heo

**P 37- 44** スイカ外皮抽出物の経口投与はニワトリヒナの体温を低下させる  
リン T.N. グェン・ハテム M. エルタハン・クオン V. ファム・韓国鋒・スルチードリ ビシュワジット・古瀬 充宏

**P 45- 54** 家禽生産における非抗生物質性成長促進剤の *in vitro* における抗菌効果  
Mashaal R. Aljumaah, Manal M. Alkhulaifi and Alaeldein M. Abudabos

### (研究ノート)

**P 55- 62** ブロイラーにおけるエネルギー容量が異なる餌におけるステアロイル乳酸ナトリウムおよび 1,3-ジアシルグリセロールの混餌投与が、成長指標、肉質、みかけの総消化率および血中脂質プロファイルに及ぼす影響  
Xiao Liu, Kwan-Sik Yun and In-Ho Kim

### (研究ノート)

- P 63- 66** ニワトリヒナの血漿中におけるフルクトシルバリンの半減期  
高橋夏生・ 牧野良輔・ 喜多一美

### 生理

- P 67- 76** ブロイラーヒナへの *Lactobacillus reuteri* の経口投与が消化管の粘膜バリア機能におよぼす影響  
新居隆浩・ Jirapat Jirapat・ 磯部直樹・ 吉村幸則

- P 77- 83** 鶏骨格筋のオートファジーに対する mTOR 阻害の影響  
中島一喜・ 石田藍子

### (研究ノート)

- P 84- 87** L-ピペコリン酸の脳室内投与は社会的分離ストレス下の新生ヒナに NMDA 受容体の活性化を伴わない催眠効果を誘導する  
重村麻子・ スルチョードリ ビシュワジット・ 古瀬 充宏

### 繁殖

- P 88- 96** ウズラ精子貯蔵管におけるトランスフェリンおよびアルブミンの発現  
松崎芽衣・ 水島秀成・ 道羅英夫・ 笹浪知宏

(総説)

## ニワトリ腸管 L 細胞とグルカゴン様ペプチド-1 分泌

平松浩二

信州大学農学部動物生体機構学研究室 (Lafa) 長野県上伊那郡南箕輪村 399-4598

多くの種類の内分泌細胞が、脊椎動物の胃腸膵 (GEP) 系に見出されており、アルファベットで名付けられている。グルカゴン様ペプチド (GLP) -1 を分泌する L 細胞は、腸管の上皮内に散在して存在する。この総説では、ニワトリ L 細胞の形態学的特徴と腸管 L 細胞からの GLP-1 分泌について考察する。GLP-1 に対する免疫組織化学法により認識される L 細胞は、ニワトリでは空腸及び回腸に分布する開放型の内分泌細胞である。GLP-1 は、GLP-2 及びニューロテンシンとニワトリ回腸の同一細胞内に共局在する。腸管 L 細胞は、食餌刺激により GLP-1 を分泌する。食餌中のタンパク質及びリジンやメチオニンなどのアミノ酸は、ニワトリ腸管 L 細胞からの GLP-1 分泌の引き金となる。GLP-1 と特異的に結合する受容体は、膵島 D 細胞に発現することから、ニワトリ GLP-1 の生理学的作用は、哺乳類におけるインクレチン作用とは異なることが示唆される。

(総説)

## ニワトリにおける D-アミノ酸の栄養特性と機能

友永省三<sup>1</sup>・古瀬充宏<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院農学研究科 京都市 606-8502

<sup>2</sup>九州大学大学院農学研究院 福岡市 819-0395

D-アミノ酸は、細菌のタンパク質や細胞壁およびペプチド抗生物質に適度に含まれている。したがって、陸生脊椎動物に存在する D-アミノ酸は、消化管または発酵食品に存在する細菌に由来するものと考えられてきた。しかし、外因性だけではなく内因性の D-アミノ酸の存在も確認されている。L 異性体を D 異性体に変換する酵素が、陸生脊椎動物において一部のアミノ酸に対して発現している。D-アミノ酸は栄養特性と機能を有するが、個々のアミノ酸において L 異性体と類似する場合と異なる場合がある。本稿では、ニワトリにおける D-アミノ酸の栄養特性と機能、さらに D-アミノ酸利用の将来展望についても議論をする。

キーワード：ニワトリ、D-アミノ酸、L-アミノ酸、機能、栄養

(研究報告)

## スイカ外皮抽出物の経口投与はニワトリヒナの体温を低下させる

リン T.N. ゲン<sup>1</sup>・ハテム M. エルタハン<sup>1</sup>・クオン V. ファム<sup>1</sup>・韓 国鋒<sup>1</sup>・  
スルチードリ ビシュワジット<sup>2</sup>・古瀬 充宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院農学研究院 福岡市 819-0395

<sup>2</sup>九州大学基幹教育院 福岡市 819-0395

L-シトルリン (L-Cit) の経口投与は低体温症を誘導するが、結晶 L-Cit を我が国の家禽飼料に添加することは認められていない。一方、スイカは L-Cit の天然資源である。この研究の目的は、ニワトリの体温および血漿遊離アミノ酸に対するスイカの廃棄物、すなわちスイカ外皮 (WR) の影響を調査することである。実験 1 では、14 日齢のヒナに、熱的中性圏の温度 (CT) 下で WR エキス (WRE) の急性経口投与 (2 ml) を行った。実験 2 では、15 日齢のヒナに CT 下で 1.6 ml の WRE、低用量の L-Cit (7.5 mmol/10 ml)、または高用量の L-Cit (15 mmol/10 ml) を経口投与した。両実験において、直腸温 (RT) と血漿遊離アミノ酸濃度の測定を実施した。実験 3 では、15 日齢のヒナに WRE (1.6 ml) または L-Cit (15 mmol/10 ml) を 2 回経口投与した後に、高温環境 (HT; 35±1°C) に 2 時間暴露し RT の変化を観察した。WRE の急性経口投与は、CT 下で RT を有意に低下させた。WRE による RT 低減の程度は、高 L-Cit による RT 低減の程度と同様であった。さらに、HT 下での RT は WRE の経口投与により有意に低下した。ただし、RT の減少は、WRE に含まれる Cit 含量では説明が困難であった。結論として、ヒナに熱耐性を付与するために WRE を体温低下させる飼料成分として使用できることが明らかとなった。

キーワード：体温、ヒナ、血漿遊離アミノ酸、スイカ外皮抽出物

(研究ノート)

## ニワトリヒナの血漿中におけるフルクトシルバリンの半減期

<sup>1</sup>高橋夏生・<sup>2</sup>牧野良輔・<sup>3</sup>喜多一美

<sup>1</sup> 岩手大学大学院農学研究科 岩手県盛岡市 020-8550

<sup>2</sup> 愛媛大学農学部 愛媛県松山市 790-8566

<sup>3</sup> 岩手大学農学部 岩手県盛岡市 020-8550

80羽の14日齢単冠白色レグホン雄ヒナを5羽ずつ16群に分けた。バリンとグルコースから生成されるアマドリ化合物であるフルクトシルバリンを静脈注射で体重1kg当たり2,250nmol、あるいは経口投与で体重1kg当たり300 $\mu$ molを投与した。投与15, 30, 60, 120, 180, 360, 720および1440分後に血液サンプルを採取した。血漿中のフルクトシルバリン濃度を高速液体クロマトグラフ質量分析計にて測定した。血漿中フルクトシルバリン濃度の経時変化を指数関数( $y = a + be^{-\lambda t}$ )で表した。血漿中フルクトシルバリンの半減期を $(\log_2 2)/\lambda$ の式から計算した。フルクトシルバリンを静脈注射した場合、血漿中フルクトシルバリン濃度の最高値は投与15分後に観察され、血漿中フルクトシルバリンの半減期は231分だった。フルクトシルバリンを経口投与した場合、血漿中フルクトシルバリン濃度の最高値は投与180分後に観察され、血漿中フルクトシルバリンの半減期は277分だった。以上より、血漿中におけるフルクトシルバリンの半減期は約4時間であり、この値は糖化トリプトファンより長いことが示された。

キーワード：アマドリ化合物、血漿中半減期、消化管吸収、フルクトシルバリン

(研究報告)

## ブロイラーヒナへの *Lactobacillus reuteri* の経口投与が消化管の粘膜バリア機能におよぼす影響

新居隆浩<sup>1,2</sup>・Jirapat Jirapat<sup>3</sup>・磯部直樹<sup>1,2</sup>・吉村幸則<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 広島大学大学院生物圏科学研究科 東広島市 739-8528

<sup>2</sup> 広島大学 RCAS 東広島市 739-8528

<sup>3</sup> Kasetsart 大学 バンコク タイ

一般的にプロバイオティクスは家畜の腸管の免疫機能に対して有益な効果をもたらす。しかし、ニワトリヒナの腸粘膜のバリア機能にもたらす効果は不明な点が多い。本研究ではプロバイオティクスとして知られる *Lactobacillus reuteri* (LR) がブロイラーヒナの消化管の粘膜バリア機能にもたらす影響を明らかにすることを目的とした。1日齢のブロイラーヒナに  $1 \times 10^8$  cfu の LR (5 mg FINELACT, アサヒカルピスウェルネス株式会社) を含む懸濁液または水のみを1日1回、7日間 (day-0 から 6) 毎朝経口投与した。day-7 にそ嚢、十二指腸、回腸および盲腸を採材し、組織学的解析および mRNA 遺伝子発現解析に用いた。組織学解析として消化管粘膜の粘膜厚、絨毛丈、陰窩深および杯細胞数を測定した。そ嚢、十二指腸、回腸および盲腸の *Mucin2*、tight 結合関連因子 (*Claudin1, 5, 16, ZO2* および *JAM2*)、サイトカイン (*IL-6, CXCLi2* および *IL-10*)、トリβディフェンシン (AvBDs) (*AvBD2, 10* および *12*) の遺伝子発現をリアルタイム PCR 法により解析した。その結果、LR の経口投与は (1) 回腸の絨毛丈と陰窩深を増加させ、(2) そ嚢の *Claudin16* を低下させ、そ嚢と回腸の *JAM2* の発現を増加させ、(3) 回腸と盲腸の *AvBD10* とそ嚢の *AvBD12* を低下させた。しかし、LR の経口投与は杯細胞数と *Mucin2* の遺伝子発現量には影響しなかった。これらの結果より、本試験で用いた LR は消化管上部の tight 結合関連因子の発現を促進することで粘膜バリア機能を高めると推察された。

(研究報告)

## 鶏骨格筋のオートファジーに対する mTOR 阻害の影響

中島一喜・石田藍子

農研機構 畜産研究部門 茨城県つくば市池の台 2 305-0901

オートファジーは、異化的条件下で細胞内タンパク質をバルクに分解するシステムである。哺乳類の骨格筋において、栄養センサーである mechanistic Target of Rapamycin (mTOR) を阻害するとオートファジーを促進することが知られているが、鶏骨格筋においては十分に検討されていない。そこで、本研究では、鶏培養筋管細胞ならびに鶏骨格筋において、mTOR 阻害がオートファジーに及ぼす影響を調べることを目的とした。鶏筋管細胞を mTOR の阻害剤である Torin1(100 nM)で 3 時間培養した。また、鶏ヒナを 24 時間絶食させ、その後、浅胸筋を採取した。mTOR 阻害を確認するため、AKT, S6K1, S6 ribosomal protein および 4E-BP1 のリン酸化の阻害を確認した。オートファジーの指標として LC3-II/LC3-I 比を測定し、また、オートファジー関連遺伝子 (LC3B、GABARAPL1、ATG12) ならびにユビキチン-プロテアソームタンパク質分解経路の律速酵素であるアトロジン-1 の遺伝子発現も測定した。鶏筋管細胞において、Torin1 が AKT, S6K1, S6 ribosomal protein および 4E-BP1 のリン酸化を阻害することを確認した。また、Torin1 により LC3-II/LC3-I 比が増加した。オートファジー関連遺伝子発現には差は見られなかったが、アトロジン-1 遺伝子発現は増加した。次に、鶏骨格筋において、絶食が AKT, S6K1, S6 ribosomal protein および 4E-BP1 のリン酸化を阻害することを確認した。また、絶食により LC3-II/LC3-I 比が増加し、GABARAPL1 ならびにアトロジン-1 遺伝子発現が増加した。以上の結果から、鶏骨格筋において、mTOR は、オートファジーならびにユビキチン-プロテアソームタンパク質分解経路を制御している可能性が示唆された。

(研究ノート)

## L-ピペコリン酸の脳室内投与は社会的分離ストレス下の新生ヒナに NMDA 受容体の活性化を伴わない催眠効果を誘導する

重村麻子<sup>1</sup>・スルチヨードリ ビシュワジット<sup>2</sup>・古瀬 充宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学大学院農学研究院 福岡市 819-0395

<sup>2</sup>九州大学基幹教育院 福岡市 819-0395

L-ピペコリン酸 (L-PA) は、脳における L-リジンの中間代謝産物である。L-PA の中枢投与は催眠効果を示し、この効果の一部は $\gamma$ -アミノ酪酸 (GABA) -A および GABA-B 受容体の両者を活性化することにより誘導される。L-プロリン (L-Pro) も L-PA と同様の効果を示すが、この作用は N-メチル-D-アスパラギン酸 (NMDA) 受容体を介して誘導される。さらに、L-PA は L-ホモプロリンとしても知られており、L-PA と L-Pro は共にイミノ酸グループに属す。したがって、類似の機能を含む特定の共通性を共有していることは理にかなっている。ただし、L-PA の効果に関する NMDA 受容体の役割は未だ検討されていない。本研究では、NMDA 受容体と L-PA の中枢機能との関係について新生ヒナを用い調査を行った。L-PA の脳室内投与により、活発な行動を伴う覚醒状態および立位/座位の行動姿勢が大幅に減少し、頭が垂れた状態での静止座位 (睡眠姿勢) が大幅に増加したが、NMDA 受容体拮抗薬 MK-801 はこれらの効果に影響を及ぼさなかった。結論として、新生ヒナへの催眠効果に対する中枢性 L-PA の作用は、NMDA 受容体の活性化によるものではないことが判明した。これらの結果は、イミノ基が NMDA 受容体を活性化する決定因子ではないことも示唆する。

キーワード : L-ピペコリン酸、催眠効果、NMDA 受容体、脳、ヒナ

(研究報告)

## ウズラ精子貯蔵管におけるトランスフェリンおよびアルブミンの発現

松崎芽衣<sup>1,2</sup>・水島秀成<sup>3</sup>・道羅英夫<sup>4</sup>・笹浪知宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学農学部, 静岡県静岡市駿河区大谷 836

<sup>2</sup> 広島大学大学院統合生命科学研究科, 広島大学東広島市鏡山 1-4-4

<sup>3</sup> 北海道大学大学院理学研究院, 北海道札幌市北区北 10 条西 8 丁目

<sup>4</sup> 静岡大学グリーン科学研究所, 静岡県静岡市駿河区大谷 836

鳥類の卵管子宮腔移行部 (UVJ) には精子貯蔵管 (SST) が存在し、射出された精子は SST に侵入した後、長期間受精能を維持したまま貯蔵されることが知られている。しかしながら、SST 内で精子を長期間維持できるメカニズムは未だ明らかになっていない。

本研究ではトランスフェリン (TRF) およびアルブミン (ALB) が SST に発現することを明らかにした。UVJ の抽出物を調製しゲルろ過クロマトグラフィーに供したところ、精子の生存性を延長する活性分画が得られた。この活性分画に含まれるタンパクを LC-MS/MS により分析し、主要な 2 種のタンパクとして TRF および ALB を同定した。TRF および ALB に対する特異的抗体を用いた免疫組織化学染色により、TRF および ALB は両者とも、SST だけでなく UVJ 上皮にも局在することが明らかになった。精製した TRF および ALB と射出精子を 24 時間インキュベートすると、精子の生存率が上昇した。これらの結果から、卵管の TRF および ALB は SST における精子貯蔵に関与することが示唆され、インビトロでの精子保存技術開発へ利用出来る可能性が示された。

キーワード : アルブミン、ウズラ、精子生存性、精子貯蔵管、トランスフェリン