

原 著

妊娠後期から授乳期の母豚およびその娩出子豚へのコラーゲン ケーシング添加飼料給与が分娩時成績，子豚の発育， 産肉および血清成分に及ぼす影響

山田未知¹・渡邊雄生¹・吉田葉奈子¹・三谷朱紀安¹・原 隆之¹・
田上貴祥^{1*}・岩崎智仁¹・菅野美樹夫²・竹花一成²・杉山慎治³・
蛭原哲也³・小山洋一^{4**}・山田幸二⁵・中辻浩喜¹

¹ 酪農学園大学農食環境学群，北海道江別市，069-8501

² 酪農学園大学獣医学群，北海道江別市，069-8501

³ ニッピコラーゲン工業株式会社研究開発室，静岡県富士宮市，418-0073

⁴ 株式会社ニッピバイオマトリックス研究所，茨城県取手市，302-0017

⁵ 郡山女子大学家政学部，福島県郡山市，963-8851

* 現所属) 北海道大学大学院農学研究院，北海道札幌市，060-8589

** 現所属) 一般財団法人動物繁殖研究所，茨城県かすみがうら市，300-0134

(2017年2月1日受付，2017年4月18日受理)

要 約 妊娠後期から授乳期の母豚および娩出子豚へのコラーゲンケーシング残さ（以下「ケーシング」）給与による分娩時成績，子豚の発育，産肉および血清成分への影響について検討した。デュロック種（D種）を交配し，市販飼料のみを給与したランドレース種と大ヨークシャー種の交雑母豚から娩出された子豚を対照区，同じくD種を交配し，分娩予定1ヶ月前から離乳時（21日齢）まで市販飼料に外付けでケーシングを5%添加した飼料を給与した同種母豚から娩出された子豚を試験区とした。対照区では哺乳期から肥育期まで各市販飼料を，試験区では市販飼料に外付けでケーシングを5%添加した飼料をそれぞれ給与して体重約115kgまで調査を行った。分娩時の産子数や生存産子割合，生時体重，哺乳期および離乳期の一日平均増体量（DG），子豚期および肥育期のDGおよび飼料要求率，枝肉成績，胸最長筋の加熱損失，剪断力価およびヒドロキシプロリン量，胸最長筋の官能検査結果には両区間に差はなかった。血清成分では，対照区に比べ試験区で子豚期のアルブミンが有意に低値を示し，肥育期の総タンパク質が低い傾向を示した。また，子豚期および肥育期のアスパラギン酸アミノトランスフェラーゼと肥育期のアラニンアミノトランスフェラーゼ（ALT）は対照区に比べ試験区で有意に低値を示し，子豚期のALTも対照区に比べ試験区で低い傾向が見られた。さらに子豚期中性脂肪とHDLコレステロール，肥育期中性脂肪と総コレステロールは対照区に比べ試験区で有意に低値を示し，子豚期の総コレステロールは対照区に比べ試験区で低い傾向を示した。筋肉間脂肪の脂肪酸組成は両区間で大きな差はなかった。以上の結果から，ケーシングは血清中の脂質成分や肝機能に係る酵素に影響を及ぼすものの，外付け5%程度の添加であれば，母豚の分娩時成績や子豚の発育，産肉には影響を及ぼさないことが確認された。

諸 言

我が国の養豚産業においては飼料費が生産費の多くを占めており(農林水産省, 2016), その原料は海外への依存度が極めて高い(農林水産省, 2017)。飼料価格は穀物相場や為替レート, 原油価格に大きく左右され(農林水産省, 2017), 飼料の安定供給という観点から養豚業の大きな課題となっている。そのため, さまざまな国内産養豚用飼料原料の活用に関わる検討が行われ(丹羽ら, 1993, 1995, 2003; 石田ら, 2004; 大澤ら, 2004; 井尻ら, 2007; 王ら, 2008; 脇屋ら, 2010), 現在, エコフィードの活用推進が図られているが, 未利用な原料が数多く存在しており, その一つにケーシング残さがある。ケーシング残さは, 牛皮由来のコラーゲンを活用したソーセージ用ケーシング製造の際に規格外品や裁断片として発生するものであるが, これらの多くは廃棄処分されているのが現状である。

コラーゲンは, すべての多細胞生物に存在するタンパク質であり, 動物の全タンパク質の約20~30%はコラーゲンである(奥山, 2012)。また, そのアミノ酸組成はグリシン(Gly)が約1/3を占め, プロリン(Pro), アラニン, ヒドロキシプロリン(Hyp)といったアミノ酸が多く含まれている(小山, 2010)。さらにコラーゲンは, 遊離アミノ酸として吸収される一般のタンパク質とは異なり, 遊離アミノ酸以外に, Pro-Hyp または Hyp-Gly といったオリゴペプチドの形で多く消化吸収され, 遊離アミノ酸は新たなコラーゲン合成の原料として, またオリゴペプチドは皮膚や骨, 軟骨などの細胞を刺激してコラーゲン合成や生体の様々な反応を引き起こしている(小山, 2010)。また, コラーゲンペプチドの経口摂取によりコラーゲンタンパク質の動物体内での合成が促進されることも知られている(西本ら, 2002)。

コラーゲンは哺乳類の妊娠期における胎盤の形態を維持するとともに(福永ら, 1997; OYEN ら, 2005; VIZZA ら, 2005), コラーゲンを経口摂取した母体から胎児へのコラーゲンの移行についても報告されており(今井ら, 2011), 妊娠母体への給与は, 胎児に対して何らかの影響を与える可能性が示唆される。

また, コラーゲンを経口摂取すると, 骨密度の低下防止(KOYAMA ら, 2001)や関節痛の低減効果(CLARK ら, 2008), コラーゲンを産生する真皮の線維芽細胞の数とコラーゲン線維の直径および密度の

増加(MATSUDA ら, 2006), 血圧の低下(ICHIMURA ら, 2009), 血中脂質成分の低下作用(RATNAYAKE ら, 1997; WU ら, 2004; SAITO ら, 2009; KOYAMA と KUSUBATA, 2013), 肝臓の細胞障害抑制効果(TOMETSUKA ら, 2017)等, 様々な生理活性が見られ, ケーシングを給与した豚の発育や産肉に影響を与える可能性も示唆される。

さらに, コラーゲン含量と筋肉の硬さとの間には有意な正の相関があることが報告されており(畑江ら, 1986; NISHIUMI ら, 1995), ケーシングをエコフィードの原料として豚へ給与した場合, 筋肉中コラーゲン含量が多くなり, 筋肉が硬くなる可能性が懸念される。

そこで本研究では, 妊娠後期から授乳期の母豚にケーシング残さを給与し, 母胎から胎児へのケーシング残さ給与に対する影響を分娩時成績により明らかにするとともに, これら母豚から娩出された子豚にケーシング残さを給与することにより, 子豚の発育や産肉および血清成分に及ぼす影響についても検討した。

材料及び方法

1. 原料調製

本研究では, 牛皮由来コラーゲンを原料としたソーセージ用可食性ケーシング製造の際に発生する残さ(以下「ケーシング」)を飼料原料として用いた。このケーシングは筒状を呈しており, その水分含量は約18%であったため(表1), 保存性を高めるとともに, 市販飼料への混合を容易にするために, 60℃の送風乾燥機で72時間乾燥させ, 水分を約2%まで低下させた後に粉碎機(カッティングミルSM300, ヴァーダー・サイエンティフィック株式会社)で2mm以下に粉碎処理を施した。その後, 常法(阿部, 2001)に基づき, このケーシングの粗タンパク質, 粗脂肪, 粗灰分を分析し, 炭水化物は100から各成分含量の合計を差し引いて求めた。

2. 子豚の分娩状況と哺乳期および離乳期における子豚の発育調査

本研究には, デュロック種を交配したランドレース種と大ヨークシャー種の交雑繁殖母豚延べ10頭(1産目:4頭, 2産目:2頭, 6産目2頭, 7産目:2頭)とこれらから娩出された子豚を用いた。これら繁殖母豚に分娩1ヶ月前から離乳(分娩後21日目)まで繁殖用市販飼料(穀類59%, 植物性油粕類18%, そうこう類15%, その他8%, 粗タンパク質

14.0%以上, TDN74.0%以上)を慣行により朝晩給与した区を対照区とし, 同飼料にケーシングを添加した飼料を対照区母豚と同様な方法で給与した区を試験区とし, 両区母豚で産歴と分娩時期が同じくなるように5頭ずつ配置した。また, 各区母豚より娩出された子豚は, 離乳時まで各区母豚の母乳を摂取するとともに, 対照区の母豚から娩出された子豚には分娩3日目より各期の市販人工乳(前期:動物質性飼料50%, 穀類28%, 植物性油粕類4%, そうこう類1%, その他17%, 粗タンパク質23.0%以上, TDN89.0%以上, 中期:動物質性飼料45%, 穀類39%, 植物油粕類2%, そうこう類1%, その他13%, 粗タンパク質21.5%以上, TDN87.0%以上, 後期:穀類62%, 植物性油粕類23%, 動物質性飼料6%, その他9%, 粗タンパク質18.5%以上, TDN80.5%以上)を給与し, 試験区の母豚から娩出された子豚には同日よりケーシングを添加した各期の市販人工乳を給与した。これら供試豚は, 各区とも不断給餌・自由飲水の条件下で体重約30kgまで飼養し, 各母豚の分娩時成績と生時から離乳時(哺乳期), および離乳時から35日齢(離乳期)までの子豚の発育を調査した。なお, 上述のとおりコラーゲン含量と筋肉の硬さとの間には有意な正の相関があり(畑江ら, 1986; NISHIUMIら, 1995), ケーシングの添加割合が高いと筋肉が硬くなる可能性が懸念された。そこで, 本研究では, 著者らが報告したソバ製粉粕の豚への給与試験(山田ら, 2004)を参考に, ケーシングの添加割合を各市販飼料の外付け5%とした。また, 雄子豚については各区とも生後7日目に去勢を行った。

3. 子豚期および肥育期における発育, 産肉および肉質調査

(1) 発育調査

上記調査で供試した母豚のうち, 各区母豚4腹から娩出され, 平均体重約30kgの雌子豚を選抜し, 各区とも3頭群飼で4群の12頭, 両区で計24頭により子豚期(体重約30kg~74kg)および肥育期(体重約74kg~116kg)の発育調査を行った。給与飼料は子豚期および肥育期とも, 対照区には市販飼料(子豚期:穀類74%, 植物性油粕類17%, その他9%, 粗タンパク質14.0%以上, TDN78.0%以上, 肥育期:穀類72%, 植物性油粕類18%, そうこう類3%, その他7%, 粗タンパク質15.0%以上, TDN78.0%以上)のみ, 試験区には市販飼料にケーシングを添加した飼料(以下「試験飼料」)とし, 各区とも不

断給餌・自由飲水の条件下で飼育した。なお, ケーシングの添加量については, 「2.子豚の分娩状況と哺乳期および離乳期における子豚の発育調査」と同様な理由から各市販飼料への添加割合は市販飼料の外付け5%とした。

(2) 枝肉調査

体重115kgに達した供試豚を12時間以上絶食させた後に北海道畜産公社道央事業所早来工場に搬入後, 慣行法によりと畜し, 枝肉とした。その後2℃の冷蔵庫で24時間保存し, 右半丸にて枝肉調査を実施するとともに, 第5-7胸椎間の胸最長筋をサンプリングした。

(3) 血清成分の測定

供試豚のうち, 母豚の産歴が同じで, 同時期に飼育した各区2群の6頭, 計12頭の血清タンパク質, 肝機能に係る酵素(アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼ:AST, アラニンアミノトランスフェラーゼ:ALT, γ -グルタミルトランスペプチダーゼ: γ -GT)および脂質成分(中性脂肪, 総コレステロール, HDL-コレステロール, LDL-コレステロール)を測定するため, 子豚期および肥育期終了時に頸静脈よりプレイン採血管を用いて採血を行った。採血は各豚を4時間程度絶食状態にした後, 各飼料を飽食給与し, 給与2時間後に採血を行った。採血により得られた血液は3,000rpmで5分間遠心分離した後, 生化学自動分析装置(JCA-BM8060, 日本電子株式会社)により, 総タンパク質, AST, ALT, γ -GT, 中性脂肪, 総コレステロール, HDLコレステロール, LDLコレステロールの各濃度を測定するとともに, 全自動電気泳動装置(CTE-8000, 株式会社常光)により各蛋白分画を測定し, 総タンパク質濃度に個々の割合を乗じて各血清タンパク質濃度を算出した。

(4) 各飼料と筋肉間脂肪の脂肪酸組成の分析

ケーシングおよび子豚期, 肥育期の対照飼料および試験飼料中の脂質の脂肪酸組成の分析は, ナスフラスコに各試料3gとクロロホルム-メタノール(2:1)混液を80mL加え, ホモジナイザー(ヒスコトロン, 株式会社マイクロテック-ニチオン)でホモジナイズした後, 1時間加熱還流し, その後に蒸留水を加えて分液ロートで脂質を抽出した。これに0.5mol/L水酸化ナトリウムのメタノール溶液を1.5mL加え, 100℃, 9分間でけん化を行った。冷却後に三フッ化ホウ素メタノール錯体メタノール溶液を加えて, 100℃, 7分間でメチルエステル化し, 脂肪

酸のメチルエステルをヘキサンで抽出してガスクロマトグラフ GC-1700 (株式会社 島津製作所) を用いて分析した。

また、各供試豚の筋肉間脂肪の脂肪酸組成の分析は、供試した豚のうち血清成分の測定を行った各区2群の6頭、計12頭について実施した。分析用試料は胸最長筋および頸棘筋間の筋肉間脂肪とした。脂肪酸組成の分析は、遠沈管に採取した筋肉間脂肪約1gを入れ、ジクロロメタン-ヘキサン (1:1) 混液を30mL加えてホモジナイザー (ヒスコトロン, 株式会社 マイクロテック-ニチオン) で破碎した後に遠心分離を行い、上層を分取し、溶媒留去した。これを飼料中脂質の脂肪酸組成分析方法と同様な過程を経て分析し、脂肪酸組成を算出した。

(5) 加熱損失および剪断力価の測定

加熱損失測定では、まず胸最長筋から筋線維が明確になるように立方体状 (4×4×7cm) に試料を切り出し、重量 (加熱前重量) を測定した。その後、食品用ラップフィルム (NEW クレラップ, 株式会社クレハ) で包装し、さらに真空包装袋に形を崩さないようにできるだけ空気を除去して封入し、70℃の温浴中に試料を完全に沈めて1時間加熱後、流水で30分間冷却した。その後、サンプルを袋から取り出して、表面の肉汁の固まりや水分を紙製ウエス (キムワイプ, 日本製紙クレシア株式会社) で拭き取り、加熱後の重量を計測し、加熱損失を次式から求めた (土井と泉本, 2011)。

$$\text{加熱損失 (\%)} = \frac{\{(\text{加熱前重量} - \text{加熱後重量}) / \text{加熱前重量}\} \times 100}{}$$

剪断力価測定では、加熱後の肉を筋線維に対して平行に4~6cm程度、垂直断面が1×1cmとなるように成形した。その後、レオメーター (RE-33005, 株式会社山電) に Warner-Bratzler 測定用アタッチメントを取り付け、筋線維走行に対して垂直に1mm/secの速度で降下させて測定した。

(6) ヒドロキシプロリン量の測定

筋肉中のコラーゲン含量の指標として用いられているヒドロキシプロリン量の測定は CARLSON (2009) の方法で行った。測定用試料は、周囲の結合組織を除去した胸最長筋の一部を細かくミンチにし、ネジ付き試験管に10mg計りとり、5M HClを1.0mL加えて、130℃で12時間の加水分解を行った。加水分解後の試料からそれぞれ50μLを採取し、ネジ付

き試験管に入れ、2.25mLの蒸留水とKOHを加えて中性化した後に、0.1Mホウ酸ナトリウム500μLとクロラミンT溶液2mLを入れ、室温で25分間静置した。その後、チオ硫酸ナトリウムを1.2mL加え、KClを1.5g加えて溶解させてからトルエンを2.5mL添加し、5分間振盪後に遠心分離 (1500rpm, 1分間) を行った。遠心分離後に上層の有機溶媒層を丁寧に取り除き、沸騰温浴中で30分間加熱し、冷却してからトルエンを2.5mL加え、再度5分間振盪して遠心分離を行った。遠心分離後、上清の有機溶媒層から0.75mLを別試験管に回収し、Ehrlich's 試薬を0.3mL入れて良く攪拌し、30分間静置して560nmでの吸光度を測定してヒドロキシプロリン量を算出した。

(7) 官能検査

嗜好試験として、18~19歳の男女60名 (男性24人, 女性36人) のパネリストによる2点試験法 (しょうゆ試験法編集委員会, 1985) を実施した。官能試験試料は対照区と試験区の背脂肪を取り除いた胸最長筋を1.5mm厚に薄切りし、1.5% NaClを含む沸騰温浴中に10~15秒間潜らせてから食味を行った。評価項目は「柔らかいと感じる」、「風味が好ましい」、ならびに「おいしいと感じる」の3つとし、上記の項目で対照区または試験区どちらか一方を選択してもらうことで評価した。なお、パネリストには対照区と試験区の区別は伏せて試験を行った。

4. 統計処理

各調査項目の両区間におけるデータの差の検定は、STUDENTまたはWELCHのt検定により実施した。また、官能評価は、しょうゆ試験法 (しょうゆ試験法編集委員会, 1985) に基づいた2点試験法のための検定表 (両側検定) により有意差検定を行った。なお、 $P < 0.05$ を有意差あり、 $0.05 < P < 0.1$ を有意差傾向ありとした。

5. 実験動物の取扱い

本研究は酪農学園大学動物実験委員会の承認 (承認番号 DH15B2) を得て、酪農学園大学動物実験指針に基づき実施した。

結果および考察

1. ケーシングの栄養成分

ケーシングの乾物中栄養成分を表1に示した。ケーシングは乾物中の粗タンパク質含量が57.9%、粗脂肪含量が7.3%、粗灰分含量が1.7%と、養豚用

飼料のタンパク質原料として一般的に用いられている大豆粕より粗灰分含量は低いものの、粗タンパク質および粗脂肪含量は高く、魚粉（CP50%）程度の粗タンパク質含量を有していることが確認できた（中央畜産会，2009）。

2. 子豚の分娩状況と哺乳期および離乳期における子豚の発育調査

各区における母豚の分娩時成績および生存子豚の哺乳期および離乳期の一日平均増体量（DG）を表2に示した。分娩頭数，生存産子割合，生時体重および哺乳期と離乳期間のDGには両区間に差は見られ

表 1. コラーゲンケーシングの栄養成分値（乾物中）
Table 1. Chemical components of collagen casing (dried matter)

	Composition ratio (%)
Crude protein	57.9
Crude fat	7.3
Crude ash	1.7
Carbohydrate	33.1

Moisture of raw material was 17.9%

なかった。よってケーシング給与は分娩時成績や哺乳期および離乳期における子豚の発育性には影響を与えないことが示唆された。

3. 子豚期および肥育期における発育，産肉および肉質調査

(1) 発育調査

各区における子豚期および肥育期の発育調査結果を表3に示した。供試豚の調査開始時体重と開始時日齢，子豚期から肥育期への切換え体重，調査終了体重には両区間で差は見られず，開始，飼料切換え，および調査終了時の体重は両区でほぼ統一できた。また，各区供試豚の調査開始日齢が両区間において差はなかったことから，35日齢以降においても両区間の子豚の発育には差がなかったことが伺えた。

子豚期，肥育期および子豚期から肥育期までの通算のDGおよび群の飼料要求率は，両区間に有意な差はなかった。これらの結果から，外付け5%程度のケーシングを市販飼料に添加しても肥育豚の発育および飼料の利用性には影響を及ぼさないことが明らかとなった

(2) 枝肉調査

各区における枝肉調査結果を表4に示した。出荷

表 2. 妊娠豚および娩出子豚へのケーシング給与が母豚の分娩成績と哺乳期子豚の発育に及ぼす影響
Table 2. Effect of diet containing collagen casing feeding to pregnant cow and farrowing piglet on birth performance and growth of nursing piglet

		Control	Experimental
Number of sows		5	5
Number of piglets (born/ litter)		12.4±4.0	13.2±1.3
Alive ratio of piglets at birth (%)		86.1±13.8	89.6±12.8
Weight of piglets at birth (kg)	female	1.12±0.13	1.26±0.15
	male	1.19±0.22	1.20±0.24
Number of piglets living to age 35 days	female	26	33
	castrated male	16	18
Daily weight gain (g)			
Nursing stage (Birth to 21 days of age)	female	219.7±23.9	211.2±45.9
	castrated male	199.6±19.9	206.1±76.9
Weaning stage (21 to 35 days of age)	female	215.1±63.6	207.0±55.9
	castrated male	220.4±54.2	209.1±68.8

Means±Standard deviation

Castration : 7 days age

表 3. コラーゲンケーシング添加飼料給与が子豚期及び肥育期豚の発育に及ぼす影響

Table 3. Effect of diets containing collagen casing feeding on growth in the piglet and fattening stages and the total period

	Control (n=4)	Experimental (n=4)
Starting weight (kg)	30.6±1.6	30.5±1.7
Switching feeding weight (kg)	74.3±2.4	74.0±3.6
Finishing weight (kg)	116.3±0.9	115.9±1.3
Daily weight gain (g)		
piglet	918.1±84.6	890.9±96.0
fattening	958.2±110.5	950.4±129.6
total period	948.6±82.8	919.3±108.8
Feed conversion rate		
piglet	2.63±0.43	2.63±0.32
fattening	3.30±0.17	3.30±0.47
total period	2.96±0.29	2.96±0.39

表 4. コラーゲンケーシング添加飼料給与が肥育豚の枝肉形質に及ぼす影響

Table 4. Effect of diets containing collagen casing feeding on carcass characteristics of fattening pig

	Control (n=12)	Experimental (n=12)
Slaughter weight (kg)	113.9±1.0	113.2±2.5
Carcass weight (kg)	74.2±2.0	74.0±2.2
Dressing percentage (%)	65.1±1.5	65.4±1.2
Carcass length (cm)	95.4±1.8	95.4±2.9
Back and loin length		
I (cm)	81.2±2.0	81.5±2.6
II (cm)	71.4±2.6	71.0±2.7
Carcass width (cm)	35.6±0.9	35.4±1.1
Backfat thickness (cm)		
Shoulder	3.6±0.4	3.5±0.4
Middle	1.7±0.5	1.7±0.3
Loin	3.0±0.5	2.8±0.5

Means±Standard deviation

時体重、枝肉重量および枝肉歩留では両区間に有意な差はなかった。また、と体長、背腰長 I、背腰長 II およびと体幅も両区間に差はなかった。さらに背脂肪の厚さも、肩、背および腰ともに両区間に差はなかった。これらの結果から、外付け 5% 程度のケーシングを市販飼料に添加しても豚の枝肉形質には影響を与えないことが明らかとなった。

(3) 血清成分

各区における子豚期および肥育期の血清タンパク質、AST、ALT、 γ -GT、中性脂肪、総コレステロー

ル、HDL コレステロール、LDL コレステロールの各濃度を表 5 に示した。ヒトでは、コラーゲン経口摂取の 1~2 時間後にコラーゲン指標物質であるヒドロキシプロリンの血清中含量が最高値を示すことが知られている (TAGA, 2014)。また、ラットではコラーゲン経口摂取後の経過時間が血清中の中性脂肪濃度に影響を与えることも知られており (SAITO ら, 2009)、コラーゲン給与後の経過時間が血清中成分に影響を及ぼすことが考えられた。このため、本研究では、各豚の飼料摂取後の経過時間を統一する

表 5. コラーゲンケーシング添加飼料給与が肥育豚の血清タンパク質, 肝機能酵素および脂質成分濃度に及ぼす影響
 Table 5. Effect of diet containing collagen casing feeding on protein, hepatic enzyme and lipids

	Piglet stage		Fattening stage	
	Control (n=6)	Experimental (n=6)	Control (n=6)	Experimental (n=6)
Total Protein (g/dL)	6.7±0.4	6.4±0.2	7.1±0.7 ^e	6.5±0.2 ^f
A / G ratio	1.36±0.14	1.20±0.18	1.24±0.16	1.36±0.06
Serum protein fraction (g/dL)				
Albumin	3.8±0.2 ^c	3.5±0.3 ^d	3.9±0.3	3.7±0.1
α -globulin	0.9±0.1	0.9±0.2	1.0±0.1	1.0±0.1
β -globulin	0.5±0.2	0.5±0.2	0.7±0.4	0.4±0.1
γ -globulin	1.4±0.2	1.5±0.1	1.5±0.2	1.4±0.2
Aspartate aminotransferase : AST (U/L)	65.7±20.1 ^c	35.4±8.4 ^d	44.3±17.4 ^c	25.8±8.4 ^d
Alanine aminotransferase : ALT (U/L)	41.7±5.3 ^e	35.6±4.2 ^f	41.8±9.7 ^c	31.5±3.5 ^d
γ -glutamyl transpeptidase : γ -GT (U/L)	89.0±24.9	79.6±24.8	57.7±16.5	70.5±35.8
Triglyceride (mg/dL)	34.0±4.5 ^a	17.6±1.1 ^b	34.8±13.8 ^c	21.0±8.1 ^d
Total cholesterol (mg/dL)	115.5±8.0 ^e	102.4±11.9 ^f	109.2±7.3 ^c	100.7±7.3 ^d
HDL-cholesterol (mg/dL)	53.5±1.2 ^c	45.4±3.4 ^d	44.3±4.6	42.8±4.9
LDL-cholesterol (mg/dL)	53.2±6.6	51.0±8.0	55.5±6.6	53.5±5.5

Means±Standard deviation

a-b : P<0.01, c-d : P<0.05, e-f : P<0.1

ため, 供試豚を4時間程度絶食状態にした後に各飼料を給与し, 給与2時間後に採血を行う方法を選択した。

コラーゲンペプチド摂取が脂質代謝を変化させることは, これまでも多くの例で報告されている(Wuら, 2004; SAITOら, 2009; KOYAMAとKUSUBATA, 2013; TOMETSUKAら, 2017)。Wuら(2004)はラットに1日当たり0.166g/体重(kg)以上のコラーゲンペプチドを摂取させると, 血清中の中性脂肪が有意に低下することを報告している。また, SAITOら(2009)は0.17%の魚コラーゲンペプチドを飼料に添加して14日間連続給与したラットでは, 血清中の中性脂肪と総コレステロール濃度が有意に低下することを報告している。さらに, KOYAMAとKUSUBATA(2013)は高脂質および高ショ糖飼料を給餌したラットにコラーゲンペプチド水溶液を29日間経口投与すると血清中の中性脂肪や遊離脂肪酸には影響が認められなかったものの, 総コレステロール濃度, LDL-コレステロール濃度が有意に低下し, これらはコラーゲン由来のアミノ酸やペプチドによって引き起こされる現象であると考察している。ま

た, TOMETSUKAら(2017)は, コラーゲンペプチド摂取によってマウスの血清中コレステロールが低下し, このとき肝臓での脂質代謝関連遺伝子の発現が変化することを報告していることから, 本研究でも肝機能を調べる必要があると考えられた。

本研究の血清脂質成分では, 両発育ステージの中性脂肪濃度が対照区(子豚期: 34.0±4.5mg/dL, 肥育期: 34.8±13.8mg/dL)に比べて試験区(子豚期: 17.6±1.1mg/dL, 肥育期: 21.0±8.1mg/dL)で有意に低い値を示した(子豚期 P<0.01, 肥育期 P<0.05)。さらに, 肥育期の総コレステロール濃度は対照区(109.2±7.3mg/dL)に比べて試験区(100.7±7.3mg/dL)で有意に低い値を示し, 有意な差はなかったものの子豚期においても対照区(115.5±8.0mg/dL)に比べて試験区(102.4±11.9mg/dL)で低い傾向が見られた。また, 子豚期のHDL-コレステロール濃度が対照区(53.5±1.2mg/dL)に比べ試験区(45.4±3.4mg/dL)で有意に低い値を示し, これまでの報告(Wuら, 2004; SAITOら, 2009; KOYAMAとKUSUBATA, 2013; TOMETSUKAら, 2017)と同様に, 豚においてもケーシングの摂取は血清中脂質を

表 6. コラーゲンケーシング添加飼料給与が肥育豚の筋肉間脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

Table 6. Effects of diet containing collagen casing feeding on fatty acid composition in intermuscular fat of loin

Fatty acids (%)	Diet					Intermuscular fat	
	Collagen casing	Piglet stage		Fattening stage		Control (n=6)	Experimental (n=6)
		Control diet	Experimental diet	Control diet	Experimental diet		
C 8:0	3.3	—	0.3	—	0.3	—	—
C10:0	3.3	—	0.3	—	0.3	—	—
C12:0	28.7	0.7	3.0	0.3	2.9	0.0±0.0 ^d	0.1±0.1 ^c
C14:0	12.1	0.4	1.5	0.3	1.5	1.4±0.1 ^b	1.6±0.2 ^a
C14:1	0.3	—	—	—	—	—	—
C16:0	20.3	16.4	16.7	16.0	16.1	26.7±1.0	26.3±1.2
C16:1	2.5	0.2	0.4	0.3	0.4	1.6±0.3	1.7±0.4
C17:0	0.3	—	—	—	—	0.5±0.2	0.5±0.1
C17:1	0.3	—	—	—	—	0.3±0.1	0.3±0.1
C18:0	10.9	2.6	3.4	2.7	3.5	18.7±1.1	17.9±0.7
C18:1	17.7	29.9	28.9	31.0	29.4	41.1±1.3	41.9±0.6
C18:2	0.3	46.1	42.4	46.0	42.7	7.7±1.0	7.6±1.0
C18:3	—	2.4	2.2	2.1	1.8	0.4±0.1	0.4±0.1
C20:0	—	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3±0.0	0.3±0.1
C20:1	—	0.3	0.2	0.3	0.3	1.0±0.2	1.0±0.3
C20:2	—	—	—	—	—	0.4±0.1	0.4±0.1
C22:0	—	0.3	0.2	0.2	0.2	—	—
C24:0	—	0.3	0.2	0.3	0.2	—	—

Fatty acids compositions of intermuscular fat : Means±Standard deviation

a-b : P<0.05, c-d : P<0.1

低下させる効果があることが示唆された。これらの結果から、ケーシングの給与は、発育や背脂肪厚を含めた枝肉形質の変化までの影響はなかったものの、ケーシングの主成分であるコラーゲンを摂取した豚においてもマウス (TOMETSUKA ら, 2017) と同様に肝臓での脂質代謝関連遺伝子の発現が変化し、結果的に豚の脂質代謝に影響を及ぼしている可能性が考えられた。

また、肝機能に係る酵素では両ステージの AST と肥育期の ALT が対照区 (子豚期 AST : 65.7±20.1 U/L, 肥育期 AST : 44.3±17.4 U/L, 肥育期 ALT : 41.8±9.7 U/L) に比べて試験区 (子豚期 AST : 35.4±8.4 U/L, 肥育期 AST : 25.8±8.4 U/L, 肥育期 ALT : 31.5±3.5 U/L) で有意に低い値を示し、有意な差はなかったものの子豚期の ALT についても対照区 (41.7±5.3 U/L) に比べて試験区 (35.6±4.2 U/L) で低い傾向が見られた。コラーゲンを構成するアミノ酸の約 1/3 は Gly であり (小山, 2010), Gly は実験

的アルコール性肝炎の改善効果があることも知られている (YIN ら, 1998)。また、コラーゲンペプチド摂取による発現上昇が報告されている PPAR α (TOMETSUKA ら, 2017) はアルコール性肝細胞障害に対する抑制効果 (NAKAJIMA ら, 2004) や炎症抑制効果 (TORRA ら, 1999; DELERIVE ら, 2000) があることも報告されている。これらのことから、本研究において供試した豚も、ケーシングの主成分であるコラーゲンによって肝機能の向上が図られた可能性があると考えられた。

一方、血清タンパク質であるアルブミン濃度が子豚期の対照区 (3.8±0.2 g/dL) に比べて試験区 (3.5±0.3 g/dL) で有意に低い値を示し、有意な差はなかったものの肥育期の総タンパク質濃度が対照区 (7.1±0.7 g/dL) に比べて試験区 (6.5±0.2 g/dL) で低い傾向が見られ、コラーゲン給与は血清タンパク質にも影響を与える可能性が示唆された。これらの機序については、不明であり、今後の検討課題とし

表 7. コラーゲンケーシング添加飼料給与が豚肉の加熱損失, 剪断力価, ヒドロキシプロリン量および官能検査に及ぼす影響

Table 7. Effect of diet containing collagen casing feeding on cooking loss, shear force, Hyp content and sensory test of loin

	Control	Experimental
Number of the Loins	12	12
Cooking loss (%)	21.7±2.6	21.1±3.2
Shear force (gf)	3,694.8±605.7	4,256.9±1,529.0
Hyp content (μg/wet muscle)	3.8±2.9	3.6±3.0
Sensory test (panelists=60)*		
Tenderness	37	23
Flavor	26	34
Daintiness	31	29

Cooking loss, shear force and Hyp content were shown Means±Standard deviation

*The numbers for each item in the sensory test were the results of panelist responses to which group was desirable.

たい。

(4) 筋肉間脂肪の脂肪酸組成

ケーシングおよび各給与飼料と各区供試豚の筋肉間脂肪における脂肪酸組成を表6に示した。豚の脂肪組織の脂肪酸組成は、給与飼料の脂肪酸組成の影響を受けることが知られている(高田ら, 1992; 山田ら, 2001)。本研究における筋肉間脂肪の脂肪酸組成はC14:0が対照区(1.4±0.1%)に比べて試験区(1.6±0.2%)で有意に高い値を示し、有意な差はなかったもののC12:0が対照区(0.0±0.0%)に比べて試験区(0.1±0.1%)で高い傾向が見られた他は、両区間で有意な差は見られなかった。よって、豚では市販飼料に5%程度外付けでケーシングを添加しても脂肪組織の脂肪酸組成には大きな影響を与えないことが示唆された。なお、筋肉間脂肪において対照区に比べてC12:0およびC14:0が試験区で高い値を示したのは、本研究で給与した肥育期の試験飼料のC12:0およびC14:0が対照飼料に比べて高い割合を示していたことによるものと推察された。

(5) 胸最長筋の加熱損失, 剪断力価, ヒドロキシプロリン量および官能評価

両区における加熱損失, 加熱後の剪断力価, ヒドロキシプロリン量, 官能評価の結果を表7に示した。加熱損失, 剪断力価, 筋肉内ヒドロキシプロリン量については両区間に差は見られなかった。ま

た, 官能評価では, 各評価項目において, 「柔らかいと感じる」と回答したパネリストの数は対照区で37名, 試験区で23名, 「風味が好ましい」と回答したパネリストはそれぞれ26名と34名, 「おいしいと感じる」と回答したパネリストはそれぞれ31名と29名であり, いずれの評価項目においても試験区と対照区間の有意差は認められず, この結果は胸最長筋の加熱損失, 剪断力価, ヒドロキシプロリン含量の結果と一致した。

以上のように, ケーシングを外付け5%添加した飼料を妊娠後期および授乳期母豚に給与しても, 分娩時成績への影響は見られなかったこと, また, それら子豚にケーシングを外付け5%添加した飼料を給与して肥育した結果, 血清中の中性脂肪およびコレステロール濃度の低下やALTおよびAST値の低下等, 生理学的な作用は見られたものの, 発育, 枝肉形質ならびに肉質の生産性には影響を及ぼさないことが確認でき, ケーシングはこれまでの養豚用飼料のタンパク質源と同等の原料として利用可能であることが示唆された。しかし, ケーシングは水分含量が約18%あるため, 本研究では乾燥処理を施したが, この際には乾燥コストが生じる。また, 本研究においては, 筋肉内ヒドロキシプロリン量や官能検査における肉の硬さは対照区と試験区間に差はなかったが, ケーシング添加割合を高めた場合にはこれらの項目について差が見られる可能性もある。

このため、今後はケーシングの効率的な活用を図るために、最適添加割合等を検討する必要があると考える。

謝 辞

本研究は、2015年度酪農学園大学共同研究の助成を受けたものである。本研究にご協力いただいた株式会社北海道畜産公社道央事業所早来工場の皆様、酪農学園フィールド教育研究センター肉畜生産ステーション技師 尾崎邦嗣氏、本学循環農学類中小家畜飼養学研究室学生諸君に感謝申し上げます。

文 献

- 阿部 亮：2001, 一般成分 (6成分), 新編動物栄養実験法 (石橋 晃監修) 第1版, 455-466.
- CARLSON, C.G.: 2009, Determination of hydroxyproline content as a measure of fibrosis in nondystrophic and dystrophic skeletal muscle, TREAT-NMD, SOP Number: DMD_M.1.2.006.
- CLARK, K.L., W. SEBASTIANELLI, K.R. FLECHSENHAR, D.F. AUKERMANN, F. MEZA, R.L. MILLARD, J.R. DEITCH, P.S. SHERBONDY and A. ALBERT: 2008, 24-week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain, *Curr. Med. Res. Opin.*, **24**, 1485-1496.
- DELERIVE, P., P. GERVOIS, J.C. FRUCHART and B. STAEELS: 2000, Induction of $\text{I}\kappa\text{B}\alpha$ expression as a mechanism contributing to the anti-inflammatory activities of peroxisome proliferator-activated receptor- α activators, *J. Biol. Chem.*, **275**, 36703-36707.
- 土井瑞芳・泉本勝利: 2001, 食肉の加熱温度-時間-せん断力プロフィール特性の解析, *日畜会報*, **72**, J371-J377.
- 福永重治・田中晶子・原 環・竹之内一昭・中村登美男: 1997, ウシ胎盤コラーゲンの特徴, *北畜会報*, **39**, 43-46.
- 畑江敬子・飛松聡子・竹山まゆみ・松本重一郎: 1986, 魚肉の物性とその魚種差に対する結合組織の寄与, *日水誌*, **52**, 2001-2007.
- ICHIMURA, T., A. YAMANAKA, T. OTSUKA, E. YAMASHITA and S. MARUYAMA: 2009, Antihypertensive effect of enzymatic hydrolysate of collagen and Gly-Pro in Spontaneously hypertensive rats, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **73**, 2317-2319.
- 井尻 哲・中山阿紀・中野公隆・山内慎也・角川幸治・土屋義信: 2007, 食品製造副産物を主原料とした肥育豚用発酵リキッド飼料の調製と給与成績, *日豚会誌*, **44**, 31-39.
- 今井敦子・蕉木智子・佐藤 (三戸) 夏子・吉野美香・

- 佐藤和人: 2011, 母子間免疫における経口免疫寛容誘導がコラーゲン誘導性関節炎に与える影響, *機能性食品と薬理栄養*, **6**, 313-318.
- 石田光晴・松本 力・伊藤清香・井上達志・鈴木啓一・清水ゆう子: 2004, 食品残渣物の飼料添加が豚肉脂質性状に及ぼす影響, *日豚会誌*, **41**, 11-20.
- 小山洋一: 2010, 天然素材コラーゲンの機能性, *皮革化学*, **56**, 71-79.
- KOYAMA, Y., A. HIROTA, H. MORI, H. TAKAHARA, K. KUWABA, M. KUSUBATA, Y. MATSUBARA, S. KASUGAI, M. ITOH and S. IRIE: 2001, Ingestion of gelatin has differential effect on bone mineral density and body weight in protein undernutrition, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **47**, 84-86.
- KOYAMA, Y. and M. KUSUBATA: 2013, Effects of collagen peptide ingestion on blood lipids in rats fed a high-lipid and high-sucrose diet, *Food Sci. Technol. Res.*, **19**, 1149-1153.
- MATSUDA, N., Y. KOYAMA, Y. HOSAKA, H. UEDA, T. WATANABE, T. ARAYA, S. IRIE and K. TAKEHANA: 2006, Effects of ingestion of collagen peptide on collagen fibrils and glycosaminoglycans in the dermis, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **52**, 211-215.
- NAKAJIMA, T., Y. KAMIJO, N. TANAKA, E. SUGIYAMA, E. TANAKA, K. KIYOSAWA, Y. FUKUSHIMA, J.M. PETERS, F.J. GONZALEZ and T. AOYAMA: 2004, Peroxisome proliferator-activated receptor α protects against alcohol-induced liver damage, *Hepatology*, **40**, 972-980.
- 西本真一郎・樋浦 望・佐藤良一・鈴木一由・浅野隆司: 2002, ラット皮膚ヒドロキシプロリン量に及ぼすゼラチンおよびコラーゲンペプチド経口投与の影響, *日食科工会誌*, **49**, 199-202.
- NISHUMI, T., R. KUNISIMA, T. NISHIMURA and S. YOSHIDA: 1995, Intramuscular connective tissue components contributing to raw meat toughness in various porcine muscles, *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)*, **66**, 341-348.
- 丹羽美次・中西五十: 1995, 食品製造副産物の肥育豚における利用性に関する研究 2. 豆腐粕サイレージ給与による発育および体脂肪に及ぼす影響, *日豚会誌*, **32**, 1-7.
- 丹羽美次・中西五十・栗田隆之: 1993, 食品製造副産物の肥育豚への利用性に関する研究, 1. 豆腐粕サイレージ調製について, *日豚会誌*, **30**, 128-134.
- 丹羽美次・矢後啓司・音成洋司・坂上 泉・大澤貴之・佐伯真魚・奈良 誠・稗田哲也・高須茜美・堀与志美・阿部 亮: 2003, 都市厨房発酵乾燥製品の調製法と養豚飼料としての栄養価, *日豚会誌*,

- 40, 1-7.
 農林水産省: 2016, 農業経営統計調査 平成 27 年度肥育豚生産費.
 農林水産省: 2017, 飼料をめぐる情勢, http://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryu/attach/pdf/index-95.pdf.
 大澤貴之・亀井勝浩・丹羽美次・金 一・川島知之・佐伯真魚・堀与志美・矢後啓司・阪上 泉・音成洋司・阿部 亮: 2004, 食品循環資源の利用による高品質肉豚肥育, 日豚会誌, **41**, 207-216.
 奥山健二: 2012, コラーゲンの構造, 日本結晶学会誌, **54**, 263-269.
 OYEN, M.L., R.F. COOK, T. STYLIANOPOULOS, V.H. BAROCAS, S.E. CALVIN and D.V. LANDERS: 2005, Uniaxial and biaxial mechanical behavior of human amnion, *J. Mater. Res.*, **20**, 2902-2909.
 RATNAYAKE, W.M., G. SARWAR and P. LAFFEY: 1997, Influence of dietary protein and fat on serum lipids and metabolism of essential fatty acids in rats, *Br. J. Nutr.*, **78**, 459-467.
 SAITO, M., C. KIYOSE, T. HIGUCHI, N. UCHIDA and H. SUZUKI: 2009, Effect of collagen hydrolysates from salmon and trout skins on the lipid profile in rats, *J. Agric. Food Chem.*, **57**, 10477-10482.
 しょうゆ試験法編集委員会: 1985, 4. 官能検査法, しょうゆ試験法, 109-124, 財団法人日本醤油研究所.
 TAGA, Y., M. KUSUBATA, K. OGAWA-GOTO and S. HATTORI: 2014, Highly accurate quantification of hydroxyproline-containing peptides in blood using a protease digest of stable isotope-labeled collagen, *J. Agric. Food Chem.*, **62**, 12096-12102.
 高田良三・設楽 修・斎藤 守・森 淳: 1992, 中鎖脂肪給与が肥育豚の発育, 消化率, 背脂肪および脂肪酸組成に及ぼす影響, 日豚会誌, **29**, 32-40.
 中央畜産会: 2009, 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構編 日本標準飼料成分表 (2009 年版), 第 2 章飼料成分表 2.1 一般成分組成, 消化率, 栄養価 (2)豚および鶏, 105-133.
 TOMETSUKA, C., Y. KOYAMA, T. ISHIJIMA, T. TOYODA, M. TERANISHI, K. TAKEHANA, K. ABE and Y. NAKAI: 2017, Collagen peptide ingestion alters lipid metabolism-related gene expression and the unfolded protein response in mouse liver, *Br. J. Nutr.*, **16**, 1-11.
 TORRA, I.P., P. GERVOIS, and B. STAELS: 1999, Peroxisome proliferator-activated receptor α in metabolic disease, inflammation, atherosclerosis and aging, *Curr. Opin. Lipidol.*, **10**, 151-159.
 VIZZA E., S. CORRER, F. BARBERINI, R. HEYN, S. BIANCHI and G. MACCHIARELLI: 2005, 3-D ultrastructural distribution of collagen in human placental villi at term in relation to vascular Tree, *J. Reprod. Dev.*, **51**, 433-443.
 脇屋裕一郎・大曲秀明・安田みどり・宮崎秀雄・明石真幸・河原弘文・下平秀丸: 2010, 佐賀県における豆腐粕, 大麦焼酎粕および秋芽茶を活用した肉豚生産技術, 日豚会誌, **47**, 198-208.
 王 雲飛・鈴木 貢・福山欣晃・佐伯真魚・丹羽美次・阿部 亮: 2008, 食品廃棄物の高温発酵乾燥飼料給与による肉豚肥育が発育成績に及ぼす影響, 日豚会誌, **45**, 164-172.
 WU, J., M. FUJIOKA, K. SUGIMOTO, G. MU and Y. ISHIMI: 2004, Assessment of effectiveness of oral administration of collagen peptide on bone metabolism in growing and mature rats, *J. Bone Miner. Metab.*, **22**, 547-553.
 山田未知・網中 潤・山田幸二: 2001, 豚の脂肪組織と筋肉における脂肪酸組成に及ぼすエゴマ種実の影響, 日豚会誌, **38**, 25-30.
 山田未知・桑折修平・山田幸二・菅野廣和: 2004, 豚の発育性, 産肉性, 脂肪粗組織の脂肪酸組成および胸最長筋のアミノ酸組成に及ぼすソバ製粉粕給与の影響, 日豚会誌, **41**, 67-75.
 YIN, M., K. IKEJIMA, G.E. ARTEEL, V. SEABRA, B.U. BRADFORD, H. KONO, I. RUSYN and R.G. THURMAN: 1998, Glycine accelerates recovery from alcohol-induced liver injury, *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **286**, 1014-1019.

Effects of Collagen Casing-Containing Diets Fed to Sows during Late Pregnancy Lactation and Farrowing on the Birth Performance, Growth, Meat Product and Serum Components in Piglets

Michi YAMADA¹, Yuki WATANABE¹, Hanako YOSHIDA¹, Syunoa MITANI¹, Takayuki HARA¹, Takayoshi TAGAMI^{1*}, Tomohito IWASAKI¹, Mikio SUGANO², Kazushige TAKEHANA², Shinji SUGIYAMA³, Tetsuya EBIHARA³, Yoh-ichi KOYAMA^{4**}, Koji YAMADA⁵ and Hiroki NAKATSUJI¹

¹College of Agriculture, Food and Environment Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

²School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

³Nippi Collagen Industries, LTD. R&D Department, Fujinomiya, Shizuoka 418-0073, Japan

⁴Research Institute of Biomatrix, Nippi Inc., 520-11 Toride, Ibaraki 302-0017, Japan

⁵Faculty of Living Science, Koriyama Women's College, Koriyama, Fukushima 963-8851, Japan

*Present address : Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido 060-8589, Japan

**Present address : Institute for Animal Reproduction, Kasumigaura, Ibaraki 300-0134, Japan

The effects of diets containing collagen casing fed to sows from late pregnancy to lactation and farrowing on growth, meat product and serum components in piglets were examined. Piglets born to sows fed a commercial diet were the control group, and those fed a commercial diet supplemented with 5% collagen casing from 1 month before farrowing day to the suckling period (21 days after farrowing day) were the experimental group. There were no significant differences in ; birth performance and daily weight gain (DG) in the nursing stage ; DG and feed conversion in the piglet and fattening stages ; and cooking loss, shearing force and concentration of hydroxyproline in the loin of the finishing pig. For serum components, the concentration of albumin in the experimental group in the piglet stage was significantly lower than that of the control group, and the concentration of total protein of the experimental group in the fattening stage tended to be lower than that of the control group. The serum concentrations of aspartate aminotransferase in the piglet and fattening stage and alanine aminotransferase (ALT) in the fattening stage of the experimental group were significantly lower than those of the control group while ALT concentration in the piglet stage tended to be lower than that of the control group. The serum concentration of triglyceride in the piglet and fattening stage, total cholesterol in the fattening stage and HDL-cholesterol in the piglet stage in the experimental group were significantly lower than those of the control group (triglyceride in the piglet stage : $P < 0.01$, triglyceride in the fattening stage and total cholesterol, HDL-cholesterol : $P < 0.05$). The concentration of total cholesterol in the piglet stage of the experimental group tended to be lower than that of the control group. For fatty acids composition of the intermuscular fat of the loin, there was not much difference between the two groups. The results show that collagen casing affected serum lipids and hepatic enzyme, but had no effect on growth and meat products when commercial diets with 5% collagen casing supplements were used.

Jpn. J. Swine Science, **54**, 3 : 130-141

Key words : collagen casing, growth, carcass characteristics, meat quality, serum components