

アミノ酸比率法を活用した配合飼料による県産豚肉肉質改善技術の検討 (第二報)

研究開発第一課 新宮 遥・堀川佳代

要 約

我々は前報において、ゴマ油粕を用いてアミノ酸比率法を活用した肥育用配合飼料で、霜降り豚肉の生産が可能であることを報告した。しかし、ゴマ油粕の粗タンパク質含量はばらつきが大きく、飼料中のタンパク質含量とリジン含量は設計値とずれが生じる可能性があることが判明した。また、試験飼料中のリジン含量の分析値は想定される変動幅の下限値であったと考えられた。そこで、本試験では前回と同様の飼料設計で、Lys 含量が想定される変動幅の上限となるよう調整した肥育用配合飼料を用いて、発育および肉質への影響を調査した。三元交雑種 1 腹 8 頭を試験区と対照区に振り分け、試験区にはリジン含量 0.56%、粗タンパク質含量 17.3%になるよう設計した飼料に塩酸リジンを添加し、リジン含量 0.62%になるよう調整した飼料を、対照区にはリジン含量 0.70%、粗タンパク質含量 13.1%の市販配合飼料をそれぞれ体重約 55kg から給与開始し、個々の体重が約 110kg になるまで給与した。発育成績では、肥育期間、増体日量ともに差は認められなかった。また、枝肉成績では、対照区に比べ試験区で背脂肪厚の減少が見られた。肉質成績では、胸最長筋の筋肉内粗脂肪含量が対照区の 3.30%に対し試験区で 4.84%に増加した。以上のことから、Lys 含量が想定される変動幅の上限となるように調整した肥育用配合飼料を肥育豚に給与した場合においても、発育に影響することなく、霜降り豚肉の生産が可能であることが示唆された。

緒 言

近年、豚肉において国内市場では霜降り肉が注目を集めている。霜降りとは、筋肉内に細かく入った脂肪のことで、牛肉と同様に豚肉においても食味を向上させることが知られている。筋肉内脂肪含量を増加させる手法としては、遺伝的な改良と飼養管理などがあり、飼養管理による方法の一つとしてアミノ酸比率法^{1) 2)}がある。これは、飼料中の必須アミノ酸であるリジン含量を飼養標準における適正水準としながら、リジン/粗タンパク質 (Lys/CP) 比を低く抑える方法で、主に小麦系エコフィードを使用する養豚農場で霜降りを特徴としたブランド肉の生産に数多く利用されている。一方、配合飼料へのアミノ酸比率法の活用は、全国的にも例がない。

そこで、我々は安定的に高品質な県産豚肉を複数農家でも生産するため、低リジン・高タンパク質の飼料原料であるゴマ油粕を用い、アミノ酸比率法に基づいて設計した肥育用配合飼料を豚に給与し、発育および肉質への影響について調査を行った。第一報(小渡、2021)³⁾では、市販配合飼料と比較して、増体日量(以下、DG)が低下し、肥育期間が延長するものの、胸最長筋中粗脂肪含量を増加させ、霜降り豚肉の生産が可能であることがわかった。しかし、ゴマ油粕の粗タンパク質(以下 CP)含量は、日本飼料標準の飼料成分表⁴⁾によると変動係数が 9.7%と、比較的ばらつきが大きく、前回のリジン含量は 0.50%とばらつきの下限値であったと考えられた。本試験では、前回と同様の飼料を、Lys 含量が想定される変動幅の上限となるよう調整した肥育用配合飼料を用いて発育および肉質への影響を調査した。

材料および方法

1. 供試豚と飼料および試験区の設定

供試豚は、当センターで生産した令和3年1月25日生まれの三元交雑種（LWD種）を用い、1腹8頭を性別と平均体重が均等になるよう各4頭（雌1頭、去勢3頭）ずつ対照区と試験区に振り分けた。対照区にはLys含量0.70%、CP含量13.1%、可消化養分総量（TDN）78.2%の市販配合飼料を給与した。試験区はゴマ油粕を用いてLys含量0.56%、CP含量17.3%、TDN78.0%に設計した試験飼料に、リジン（L-リジン「あすか」、塩酸リジン98.5%以上（あすかアニマルヘルス株式会社）を添加しLys含量0.62%になるよう調整したものを使用した。調整は、タニナカ式自動攪拌機・混合器うず6型を用いて10分間混合して行った。飼料の一般成分およびLys含量は、飼料分析基準（平成20年4月1日・19消安第14729号 農林水産省消費・安全局長通知）に準じて分析し、Lys含量とCP含量からLys/CP比を算出した。また、脂肪酸組成はガスクロマトグラフィー質量分析法で分析した。各飼料の配合割合は表1に示し、飼料の成分組成は表2に示した。なお、飼料の製造と製造後の成分分析およびLys調整後の成分分析は、飼料メーカーに依頼した。

各飼料の給与は、平均体重約55kg（77日齢）から開始し、個々の体重が約110kgを目安にと畜した。豚は2.8m×6.4mのオガ床豚房に4頭ずつ入れて群飼した。飼料は不断給餌、給水は自由飲水とし、ワクチン接種その他の管理は、当センターの慣行に従った。試験は令和3年4月9日から6月7日に実施した。

表 1. 供試飼料の配合割合

(%)

	対照飼料	試験飼料
とうもろこし	35.52	46.57
加熱とうもろこし	11.00	11.00
小麦	5.00	—
米	10.00	—
コーングルテンフィード	2.00	0.50
ふすま	2.80	—
米ぬか油粕	1.60	—
大豆油粕	7.00	1.00
なたね油粕	4.50	4.50
コーンジャムミール	6.00	4.50
ゴマ油粕	—	20.00
菓子くず	11.50	10.00
糖蜜	1.00	1.00
単体リジン	0.18	0.01
ミネラル	1.73	0.75
ビタミン、その他微量原料	0.17	0.17
合計	100.00	100.00

表 2. 供試飼料の成分組成

		対照飼料	試験飼料	
設計値	TDN (%)	78.2	78.0	
	CP (%)	13.1	17.3	
	Ca (%)	0.70	0.70	
	P (%)	0.40	0.50	
	Lys (%)	0.70	0.56	
	Lys/CP 比	0.053	0.032	
調整後の 分析値	TDN (%)	77.58	78.23	
	水分 (%)	12.68	11.60	
	CP (%)	14.24	17.85	
	粗脂肪 (%)	3.29	5.86	
	粗繊維 (%)	2.27	3.03	
	粗灰分 (%)	3.63	4.65	
	Lys (%)	0.74	0.62	
	Lys/CP 比	0.051	0.034	
	脂肪酸組成 (%)			
	C12:0 (ラウリン酸)	1.94	0.24	
	C14:0 (ミリスチン酸)	1.23	0.27	
	C14:1 (ミリストレイン酸)	0.05	0.04	
	C15:0 (ペンタデカン酸)	0.07	0.02	
	C16:0 (パルミチン酸)	17.06	13.66	
	C16:1 (パルミトレイン酸)	0.43	0.20	
	C17:0 (ヘプタデカン酸)	0.14	0.08	
	C17:1 (ヘプタデセン酸)	0.06	0.04	
	C18:0 (ステアリン酸)	3.95	4.15	
	C18:1 (オレイン酸)	30.43	34.38	
	C18:2 (リノール酸)	41.67	44.84	
	C18:3 (α -リノレン酸)	2.20	1.27	
	C20:0 (アラキジン酸)	0.41	0.54	
	C20:1 (イコセン酸)	0.34	0.27	
C22:1 (ドコセン酸)	0.00	0.00		
飽和脂肪酸	24.81	18.96		
一価不飽和脂肪酸	31.26	34.93		
多価不飽和脂肪酸	43.87	46.11		

2. 調査項目及び調査方法

(1) 発育成績

試験開始体重は試験開始当日、試験終了体重は出荷日に測定した。DG は、各豚の試験開始体重と試験終了体重および肥育期間から算出した。飼料摂取量は試験開始から出荷までの豚房毎の総飼料摂取量を測定し、飼料要求率は豚房毎の総飼料摂取量と総増体重より算出した。

(2) 枝肉成績

豚は県内の食肉処理場においてと畜し、枝肉重量と枝肉歩留は食肉市場の測定値を用い、背脂肪厚と格付等級は日本食肉格付協会による測定値を使用した。脂肪交雑は日本食肉格付協会による豚肉の脂肪交雑基準（ポーク・マーブリング・スタンダード：PMS）を用いて、と畜後、一晚冷蔵庫内で保管した左側枝肉の第4～5胸椎切開面の胸最長筋における脂肪交雑を、格付員が目視により6段階（No.1=脂肪交雑がほとんど認められない、No.6=脂肪交雑が大変多い）で評価した。

(3) 肉質成績

と畜翌日に、右側枝肉の第4～9胸椎の骨付きブロックから胸最長筋（ロース芯）と皮下脂肪内層を採取し分析に供した。肉質評価は、胸最長筋のロース芯面積、pH、水分含量、粗脂肪含量、加圧保水性、加熱損失、剪断力価、および皮下脂肪内層の脂肪融点の測定により行った。各項目の測定は、食肉の理化学的分析及び官能評価マニュアル⁵⁾と牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアル Ver.2⁶⁾の手法を参考に実施した。

ロース芯面積は、第3～4胸椎切開面尾側の胸最長筋をトレース後、プランメーター（牛方商会 O-bac L）を用いて面積を測定した。pH は pH メーター（HANNA HI99163）を用い、胸最長筋に電極を挿して測定した。胸最長筋は一部をミンチにし、水分含量と粗脂肪含量の測定に用いた。水分含量はアルミカップで 135℃ 2 時間加熱放冷後、乾燥前後の重量を測定し算出した。粗脂肪含量は、ジエチルエーテルを用いたソックスレー抽出法で測定した。加圧保水性は、加圧ろ紙法により肉片面積と肉汁面積から算出した。加熱損失は、袋で密閉した約 50g の肉塊を 70℃の温湯で 1 時間加温し、30 分間冷却後、加温前後の重量差により算出した。剪断力価は、加熱損失測定後のサンプルを筋繊維に対して垂直断面が 1×1（1cm²）になるよう切断し、Warner-Bratzler 剪断力価計により 12 回測定した結果の最高値と最低値を除いた平均値を各個体の値とした。

皮下脂肪内層は、一部を細切して 105℃で脂肪を抽出したものをを用いて上昇融点法で脂肪融点を測定した。脂肪酸組成の分析には、皮下脂肪内層を真空パックし測定まで-20℃で冷凍保存したものをを用い、家畜改良事業団家畜改良技術研究所に依頼して folk 法で脂質を抽出後、ガスクロマトグラフィーで測定した。

(5) 統計処理

飼料を要因とする平均値の差を Student's *t*-test を用いて統計処理し、危険率が P<0.05 の場合に有意であると見なした。

結 果

1. 発育成績

発育成績を表 3 に示した。肥育期間、DG ともに有意な差は認められなかった。対照区と試験区の肥育期間中の飼料摂取量はそれぞれ 747.0kg、768.7kg で、総増体重は 241.0kg、243.0kg で、飼料要求率は 3.09、3.16 となった。

表 3 発育成績

	対照区			試験区		
試験開始体重 (kg)	52.3	±	3.3	53.5	±	1.06
試験終了体重 (kg)	112.5	±	1.5	114.3	±	2.5
肥育期間 (日)	54.8	±	5.8	56.5	±	3.5
DG (kg/日)	1.11	±	0.08	1.08	±	0.07
平均±標準偏差						

2. 枝肉成績

枝肉成績を表 4 に示した。枝肉重量や枝肉歩留、PMS に有意な差は見られなかった。背脂肪厚は試験区で有意に低い値を示した。枝肉の格付等級は、対照区で「並」が 4 頭に対して、試験区で「上」が 2 頭と「中」が 2 頭となった。

表 4 枝肉成績

	対照区			試験区		
枝肉重量 (kg)	75.4	±	1.6	75.7	±	1.3
枝肉歩留 (%)	67.0	±	1.9	66.0	±	0.4
背脂肪厚 (cm)	3.1	±	0.1	2.4	±	0.3*
PMS No.	1.5	±	0.5	2.0	±	0.0
平均±標準偏差						

*P<0.05

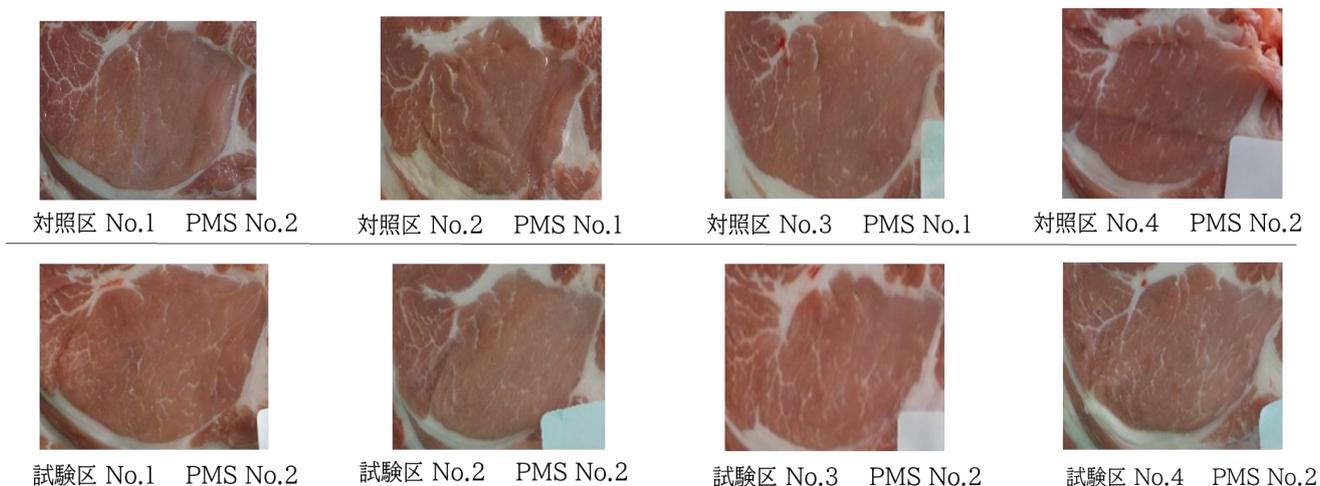


図1 各供試豚の右側胸最長筋における第3～4胸椎面（尾側）とPMS No.

3. 肉質成績

肉質成績を表5に示した。胸最長筋のロース芯面積、pH、水分含量、加圧保水性、剪断力価に有意な差は見られなかった。加熱損失は、対照区と比較して試験区で有意に高かった。粗脂肪含量については、有意差がなかったものの、対照区と比較して1.53%増加した。また、脂肪融点は、対照区と比較して3.52℃低下した。

表5 肉質成績

	対照区		試験区	
胸最長筋				
ロース芯面積 (cm ²)	17.98	± 0.97	17.18	± 2.64
pH	6.57	± 0.58	6.82	± 0.44
水分含量 (%)	73.53	± 0.44	72.63	± 0.58
粗脂肪含量 (%)	3.30	± 0.48	4.84	± 1.00
加圧保水性 (%)	81.94	± 3.37	81.32	± 0.98
加熱損失 (%)	25.00	± 0.60	27.99	± 0.39 **
剪断力価 (LB)	6.24	± 0.53	7.06	± 1.40
皮下脂肪内層				
脂肪融点 (℃)	37.36	± 1.84	33.84	± 0.48

平均±標準偏差

**P<0.01

4. 脂肪酸組成

皮下脂肪内層における脂肪酸組成を表6に示した。C16:0（パルミチン酸）は対照区と比べて試験区で有意に低く、C18:2（リノール酸）は対照区と比べて試験区で有意に高い値を示した。また、試験区の飽和脂肪酸割合は対照区と比べて有意に低く、多価不飽和脂肪酸割合は有意に高かった。

表6 皮下脂肪内層における脂肪酸組成

	対照区	試験区
脂肪酸組成 (%)		
C14:0 (ミリスチン酸)	1.50 ± 0.13	1.45 ± 0.06
C14:1 (ミリストレイン酸)	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01
C16:0 (パルミチン酸)	28.17 ± 0.47	26.22 ± 0.42 **
C16:1 (パルミトレイン酸)	1.55 ± 0.26	1.44 ± 0.20
C18:0 (ステアリン酸)	18.59 ± 1.30	15.84 ± 1.58
C18:1 (オレイン酸)	42.32 ± 0.53	41.71 ± 1.83
C18:2 (リノール酸)	7.84 ± 0.33	13.30 ± 1.65 **
C18:1/C18:0	2.29 ± 0.18	2.67 ± 0.38
飽和脂肪酸 (%)	48.26 ± 1.03	43.51 ± 2.04 *
一価不飽和脂肪酸 (%)	43.87 ± 0.71	43.15 ± 2.01
多価不飽和脂肪酸 (%)	7.84 ± 0.33	13.30 ± 1.65 **

平均±標準偏差

*P<0.05、**P<0.01

考 察

今回の試験において、発育成績に差は見られなかった。DGは対照区が1.11kg/日であったのに対し、試験区は1.08kg/日となり、いずれも1.00kg/日を超えていた。実際に、肥育期間と飼料摂取量および飼料分析値から算出した1日当たりのCPとLysの摂取量は、対照区で485.58gと25.23g、試験区で606.90gと21.08gで、日本飼養標準⁷⁾に示される期待増体日量を1.00kgとした場合の1日当たりのCPとLysの要求量(467g、20.4g)をどちらも上回る結果となった。これらのことから、CP含量とLys含量による発育成績への影響はなかったものと考えられる。一方、前回の試験飼料（CP含量17.5%、Lys含量0.50%）の場合、1日当たりのCPとLysの摂取量は472gと13.4gであり、期待増体日量を0.85kgとした場合のCPとLys要求量（399g、17.3g）のうち、Lysの要求量を満たしていなかった。前回の試験区におけるDGは0.77kg/日であったことから、高いCP含量を有していても、Lys含量の不足によって制限アミノ酸となり、増体が抑制されていたと考えられる。

枝肉成績では、枝肉重量や枝肉歩留に有意な差は見られず、PMSも両区はほぼ同じ結果となった。また、背脂肪厚は試験区で有意に減少し、格付け等級は上昇した。前田ら⁸⁾は高タンパク質でLys/CP比の低いアミノ酸比率法を適用した飼料を給与することにより、皮下脂肪を増加させることなく脂肪交雑を高めることができるとしており、今回の試験でも皮下脂肪厚は対照区と比べ有意に減少し、筋

肉内の粗脂肪含量は増加傾向が見られた。一般的に豚肉の IMF 含量は、国産豚肉で 2~3%、比較的多い豚肉でも 5%程度で、4%を超えると霜降りとされており¹⁾、今回の試験でも筋肉中の粗脂肪含量が 4%を超えていた。このことから、Lys 含量が想定される変動幅の上限となるよう調整した飼料でも霜降り豚肉の生産は可能であると考えられる。

前回の試験区と今回の試験区を比較すると、枝肉重量や枝肉歩留、背脂肪厚に差は見られなかった。一方、筋肉内粗脂肪含量は前回は 8.81%と、今回より 3.97%多く、顕著な差が見られた。Lys/CP 比が今回 0.032 であったのに対し前回は 0.028 と低く、このことから、Lys/CP 比が低下すると、背脂肪厚を増加させることなく、粗脂肪含量を増加させることが分かった。

また、今回の試験区の筋肉内粗脂肪含量は対照区より 1.54%多いにも関わらず、PMS に有意な差は見られなかった。一方、前回の PMS は対照区より有意に高い値を示しており、この時の粗脂肪含量は対照区より 6.21%多かった。このことから、粗脂肪含量に顕著な差が無い場合、目視による PMS の判定に筋肉内粗脂肪含量を反映させることは困難であったことが伺える。

皮下脂肪内層における脂肪酸組成については試験区で C16:0 (パルミチン酸) が低く、C18:2 (リノール酸) が有意に高く、前回と同様の結果だった。(表 6) これは、飼料中のリノール酸が他の脂肪酸よりも体脂肪に選択的に蓄積され、かわりに飽和脂肪酸が減少することが広く認められている⁹⁾通り、本試験の対照飼料中のリノール酸が 41.67%であるのに対し、試験飼料では 44.84%と高かったことから、このような結果になったと考えられる。さらに、飼料中の粗脂肪含量が多いと、体内での飽和脂肪酸の合成が抑制され、リノール酸等の多価不飽和脂肪酸が増えるという報告¹⁰⁾もあり、このことも、試験区のリノール酸の値が有意に高くなった原因であると考えられる。また、これらのことから、飽和脂肪酸が減少し試験区における脂肪融点の低下につながったと考えられる。

今回の結果から、ゴマ油粕を用いて前回と同様に設計した肥育用配合飼料で、Lys 含量が想定される変動幅の上限となるように調整した場合、霜降り豚肉の生産が可能であることが判明した。また、前回と比較すると、発育に影響することなく、見た目では判別しにくいものの、市販の肥育用配合飼料よりも脂肪交雑の多いものだった。

今回用いた試験飼料は、対照区の市販配合飼料と比較すると、一袋 (20kg) あたり 62 円高く (令和 3 年 3 月時点)、1 頭あたりの肥育期間中の飼料費は、試験区で 13,751 円、対照区で 12,727 円であり、試験区の方が 1,024 円高かった。また、PMS の評価は県内の食肉センターで実施していないことから、生産された霜降りの豚肉を市場でどのように評価し、増加する飼料コストを販売価格に反映していくかについても併せて検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 入江正和：肉質改善計画第7回肉質に影響するもの⑤飼料その2 養豚界53(5) 56-59 (2018)
- 2) Maeda Keisuke et.al. : Effects of dietary lysine/protein ratio and fat levels on growth performance and meat quality of finishing pigs Anim.sci.J.85 427-434 (2014)
- 3) 小渡陽子ら：アミノ酸比率法を活用した配合飼料による県産豚肉肉質改善技術の検討 第一報 奈良県畜産技術センター研究報告第45号 48-46 (2021)
- 4) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構：日本標準試料成分表 (2009年版) 中央畜産会 118 (2009)

- 5) 独立行政法人 家畜改良センター：食肉の理化学的分析及び官能評価マニュアル 家畜改良センター技術マニュアル21 (2010)
- 6) 社団法人 畜産技術協会：牛肉の品質評価のための理化学分析マニュアルVer.2 (2003)
- 7) 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構：日本飼養標準・豚(2013年版) 中央畜産会 10-19 (2013)
- 8) 前田恵助ら：高タンパク質含量でリジン/タンパク質比が低い飼料の給与がデュロック種肥育豚の生産性、肉質、官能特性に及ぼす影響 日豚会誌56(2) 33-48 (2019)
- 9) 入江正和：大豆油とカボック粕添加が豚の脂肪の性状に及ぼす影響 日豚会誌25(3) 125-131 (1988)
- 10) 入江正和：豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因 (2) -特に軟脂豚との関連とその制御- 畜産の研究43(8) 942-946 (1989)