



あたらしい 農業技術

No.532

パン屑混合割合による
豚筋肉内脂肪含量のコントロール

平成 21 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 特徴ある豚肉の開発が望まれています。
- (2) 近年、パン屑の多給によって筋肉内脂肪が増加すること、さらに、それは必須アミノ酸であるリジンの不足に由来することが分かってきました。
- (3) 従来の肉豚肥育用配合飼料の含有成分はできるだけ変えずにリジン濃度を低く抑えた低リジン飼料を作成し、肥育後期の豚に給与したところ、筋肉内脂肪含量が増加しました。しかし、発育の低下がみられました。
- (4) 目的とするリジン含量になるようパン屑の混合割合を段階的に設定した飼料を豚に給与したところ、リジン含量が低下するにつれ、すなわち、パン屑混合割合が増すにつれて、筋肉内脂肪含量が増加しました。しかし、発育の低下がみられました。
- (5) 肥育豚1頭あたりの飼料費は、パン屑の混合割合が増すにつれて低く算出されました。発育が低下して飼料摂取量が増加しても、飼料費は削減できることがわかりました。

2 技術、情報の適用効果

- (1) パン屑とリジン含量が同等でデンプン質に富む食品残さであれば、その配合割合によって筋肉内脂肪含量をコントロールでき、特徴ある豚肉が生産できます。
- (2) 食品残さを利用することで消費者へアピールでき、安価なものであれば飼料費を削減できる可能性があります。

3 適用範囲

畜産指導者、生産者

4 普及上の留意点

- (1) パン屑とリジン含量が同等でデンプン質に富む食品残さであれば、同様の結果が得られると考えられますが、油脂を多く含む食品残さでは脂肪品質の低下に注意する必要があります。
- (2) パン屑の価格はkgあたり20円(平成19年10月時点)で算出していますが、価格の変動により飼料費も変わってきます。

目 次

はじめに	1
1 飼料の現状	1
(1) トウモロコシ価格と飼料費	1
(2) エコフィードとは	1
2 低リジン飼料の給与	2
(1) 筋肉内脂肪含量の変化	3
(2) 発育への影響	3
3 パン屑混合飼料の給与	4
(1) 筋肉内脂肪含量の変化	5
(2) 発育への影響	5
(3) 飼料費の削減	6
4 その他の食品残さと問題点	6
おわりに	7
参考文献	7

はじめに

近年、養豚飼料を取り巻く状況は著しく変化しており、飼料原料の80%近くを占めるトウモロコシは、原油価格の高騰に伴いバイオエタノールの原料として需要が拡大し、価格が3倍強に跳ね上がりました（240 円/ブッシェル(25.4kg)（18年4月）→750 円/ブッシェル（20年6月））。さらに、オーストラリアの干ばつによる穀物・粗飼料の不作で、国内の飼料価格は高止まりの傾向（43千円/ト（18年4月）→55千円/ト（21年7月））を示し、養豚経営を圧迫しています。

一方で、循環型社会の構築や食料自給率向上のため、食品残さの飼料化が推進されています。大阪府の事例では、食品残さであるパン屑の多給によって筋肉内脂肪が増加し、高品質化に成功して注目を集めました。その後の研究により、筋肉内脂肪の増加は、必須アミノ酸であるリジンの不足に由来することがわかってきました。

本稿では、静岡型銘柄豚に低リジン飼料や異なるリジン含量になるようパン屑の混合割合を段階的に設定した飼料を豚に給与し、パン屑の割合が筋肉内脂肪および発育にどのように影響するのか、また、パン屑と飼料費との関係についても調査しましたので紹介します。

1 飼料の現状

（1）トウモロコシ価格と飼料費

わが国の配合飼料は、輸入原料に依存しており、それも米国を中心にトウモロコシへの原料依存度が高いのが実態です。従って、配合飼料価格はトウモロコシ輸入価格がその方向を決定すると言うことができ、輸入トウモロコシ価格は、シカゴトウモロコシ相場、日本までの海上運賃、ドルと円の為替レートにより決まります。従って、天候による不作、投機資金の拡大、海上運賃の値上がりなどにより価格は上昇します。シカゴトウモロコシ相場の推移を見ると1ブッシェル当たり平成20年6月末に750 円台の史上最高値を出し、その後下落して12月中旬には310 円台に暴落しています。そして、現在は450 円台に戻っています。日本の配合飼料メーカーの飼料価格は、輸入トウモロコシ相場を反映して動いており、昨年12月までの配合飼料値上げは昨年6～7月の上昇を、今年1～6月までの値下げは昨年12月までの下げ相場を反映したものになっています。畜産物の中でも豚は濃厚飼料のみを給与されるため、飼料費は肥育豚の生産コストの63%とその多くを占めています。よって、トウモロコシ価格の上昇は生産コストに大きく影響してきます。

（2）エコフィードとは

エコフィード（ecofeed）とは、環境や生態（ecology）、節約（economy）等を意味するエコ（eco）と飼料を意味するフィード（feed）を併せた造語です。食品循環資源を原料にして加工処理されたリサイクル飼料（あるいは、食品残さ飼料）と同義であり、①食品製造副産物：酒粕、焼酎粕、醤油粕、豆腐粕、果汁粕、②パン屑等、食品の製造過程で得られる副産物や野菜カット屑等の加工屑、③余剰食品：売れ残りのパン、麺、弁当、総菜等、食品として製造された後、利用されなかったもの、④調理残さ等：調理に伴い発生する残さ等を利用して製造された家畜用飼料を指します。ちなみに、「エコフィード（ecofeed）」は、(社)配合飼料供給安定機構が商標登録しています。

エコフィードの利用が急速に進展しつつある背景には、循環型社会の構築と食料自給率の向上、

先に述べたように穀物価格の高騰などがあげられます。現在わが国は食料自給率が40%と先進国中最低クラスで、食料、飼料、食肉の輸入は世界トップです。一方、食品廃棄物も食品供給の1/4にのぼり、世界トップではないかと言われています。

平成13年には循環型社会構築の一環として、食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律（食品リサイクル法）が施行されました。食品リサイクル法では、食品廃棄物を減少させ、飼料や肥料に転換することが義務付けられています。

2 低リジン飼料の給与

近年、豚肉に筋肉内脂肪が適度に入ることによって食味が向上することがわかってきました。わが国において豚肉の筋肉内脂肪含量は2～3%程度と見られていますが、さらに0.5～1%上昇させることが食味の向上につながると思われます。古くから食品残さが利用されている大阪府において、パン屑多給農家で筋肉内脂肪含量が高いとの報告があり、平成13年には兵庫県で全国初となるパン屑多給による霜降り豚肉作出試験が行われました。さらにその後の研究から、パン屑の給与によらなくても必須アミノ酸であるリジン含量の低い飼料によっても筋肉内脂肪が増加することが明らかとなりました。このことは、重要なのはアミノ酸濃度で、パン屑ではないことを示しており、うどんや規格外サツマイモなどリジン含量の低い食品残さであれば同様の効果が期待できるということです。

そこで、まず当センター産静岡型銘柄豚を用い、低リジン飼料の給与が筋肉内脂肪含量を増加させるのかを検証しました。リジン含量を低く設定した低リジン飼料（表1）を作成し、リジン含量により低リジン区（リジン：0.46%）と対照区（0.65%）の2区を設け、肥育後期豚（約70～110kg）に給与しました。低リジン区のリジン含量0.46%は、要求量（0.56%）の82%にあたります（日本飼養標準・豚2005年版）。また、両区ともリジンを除いて要求量に満たない成分に関しては、プレミックスや添加剤を添加して補い、リジン含量のみが異なる飼料設計にしました。ただし、リジン含量を低く抑えるため、アミノ酸によって構成される粗蛋白質も要求量と比べて必然的に低くなっています。

表1 低リジン飼料の配合割合と成分割合

	対照区	低リジン区
配合割合(%) トウモロコシ	71.9	71.9
マイロ（グレイソルガム）	14.6	14.6
米ぬか（無洗米糠）	2.0	2.0
脱皮大豆粕	7.3	7.3
脱脂米ぬか	1.6	1.6
フスマ	1.0	1.0
第3リン酸カルシウム	1.0	1.0
炭酸カルシウム	0.4	0.4
食塩	0.2	0.2
ミネラル・ビタミン類	0.4	0.4
L-塩酸リジン	0.22	-
L-グルタミン酸	0.04	0.15
グリシン	0.04	0.15
成分割合(%) 粗蛋白質CP（要求量：13.0）	10.32	10.32
リジン（要求量：0.56）	0.65	0.46

※CPおよびリジン含量の値は計算値

(1) 筋肉内脂肪含量の変化

豚の胸最長筋、いわゆるロースを用いて、筋肉内脂肪含量(図1)および脂肪酸組成を調べました。筋肉内脂肪含量は、低リジン区で4.21%となり、対照区(2.68%)よりも有意に高くなりました(P<0.01)。通常2~3%ですので、リジン含量が抑えられたことによって増加したものと考えられました。また、筋肉内脂肪の脂肪酸組成では、ステアリン酸(C18:0)が低リジン区(12.2%)で対照区(11.0%)よりも有意に低く(P<0.01)、オレイン酸(C18:1)は低リジン区(55.0%)で対照区(53.3%)よりも有意に高くなりました(P<0.05)。オレイン酸は、風味を向上させる可能性があり、人の健康に良い脂肪酸として注目されています。

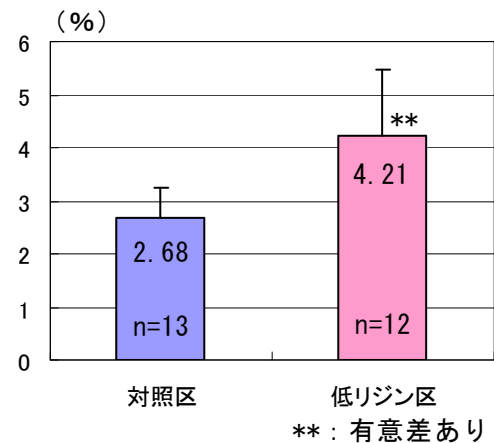


図1 胸最長筋の筋肉内脂肪含量

(2) 発育への影響

飼養管理によって筋肉内脂肪を増やすことができる一方で、アミノ酸のバランスが崩れた飼料を給与することにより、発育の遅れなどといった好ましくない影響がみられることもわかっています。兵庫県の例では出荷日齢がパン屑多給区(配合飼料にパン屑50%配合)で18日遅れ、1日増体量の低下、飼料要求率の低下がみられました。同様に、低リジン飼料を給与した報告でも出荷日齢が5日遅れました。また、1日増体量や飼料効率も低い傾向にありました。これらの結果から、筋肉内脂肪含量が5%前後あり、1日増体量も落ち込まないリジン含量を検討する必要があります。

本試験では、低リジン区は対照区と比べ、1日増体量が低下し、出荷日齢は5日遅れました(表2)。発育の問題を改善するには、栄養制御の期間をできるだけ短くし、リジン濃度を要求量に近づける必要があります。飼料中リジン濃度に依存して給与期間や筋肉内脂肪含量に違いが出るものと考えられます。また、環境条件によっても発育は変わってきますので農場ごとによる検討が必要です。

表2 肥育・枝肉成績

	対照区(n=13)	低リジン区(n=12)	有意差
給与開始時体重(kg)	66.3±7.6	65.3±5.9	
出荷時体重(kg) ^{※1}	115.2±3.5	113.9±2.4	
飼料摂取量(g/day)	2292	2353	
一日増体量(g/day)	1013±114	908±85.5	*
飼料要求率	2.86	2.97	
給与日数(day)	49±9.0	54±8.0	
出荷日齢(day)	162.5±8.2	167.6±6.9	
背脂肪厚(cm) ^{※2}	3.6±0.2	3.3±0.4	
ロース芯断面積(cm ²) ^{※3}	21.4±1.8	22.7±3.5	

※1絶食前体重

* : P<0.05

※2肩、背、腰の3部位の平均値

※3第4-5胸椎間

3 パン屑混合飼料の給与

今回、食品残さであるパン屑の有効活用のため、パン工場から排出されたパン屑を市販の肉豚肥育用配合飼料（CP：13.0%、TDN：76.0%）と混合することでリジン含量を調整した飼料（表3）を作成しました。パン屑は、パンになる前の冷凍生地のおよそ半分、加熱、乾燥、冷却処理により、水分が10%以下となったものを用いました（表4、図2）。目的とするリジン含量になるようにパン屑の配合割合を決定すると、リジン含量を0.40%にするにはパン屑70%、リジン含量を0.50%にするにはパン屑50%およびリジン含量を0.64%にするにはパン屑20%の割合で配合すればよいことがわかりました。これらのパン屑混合飼料を肥育後期（約70～110kg）に給与しました。本試験はパン屑の有効活用を目的としているため、3区ともすべてにパン屑を混合しています。しかし、パン屑20%区はリジンの要求量を満たした混合割合であるため、対照区とみなせるものとししました。また、低リジン飼料の場合と同様、リジンを除いて要求量に満たない養分に関しては、プレミックスや添加剤を添加して補っています。

表3 パン屑混合飼料の配合割合と成分割合

	パン屑 20%区	パン屑 50%区	パン屑 70%区
配合割合 (%)			
パン屑	19.26	48.84	68.36
配合飼料	80.00	50.00	30.00
第3リン酸カルシウム	0.34	0.64	0.96
ミネラル・ビタミン類	0.40	0.40	0.40
L-トレオニン	—	—	0.03
D,L-メチオニン	—	0.12	0.25
成分割合 (%)			
粗蛋白質CP(要求量：13.0)	12.72	10.73	9.39
リジン(要求量：0.56)	0.64	0.50	0.40

※CPおよびリジン含量の値は計算値

表4 パン屑の成分値

区分	成分 (%)
水分	8.22
粗蛋白質	12.81
粗脂肪	8.30
粗灰分	1.65
粗繊維	0.09
NFE	68.93
リジン	0.30

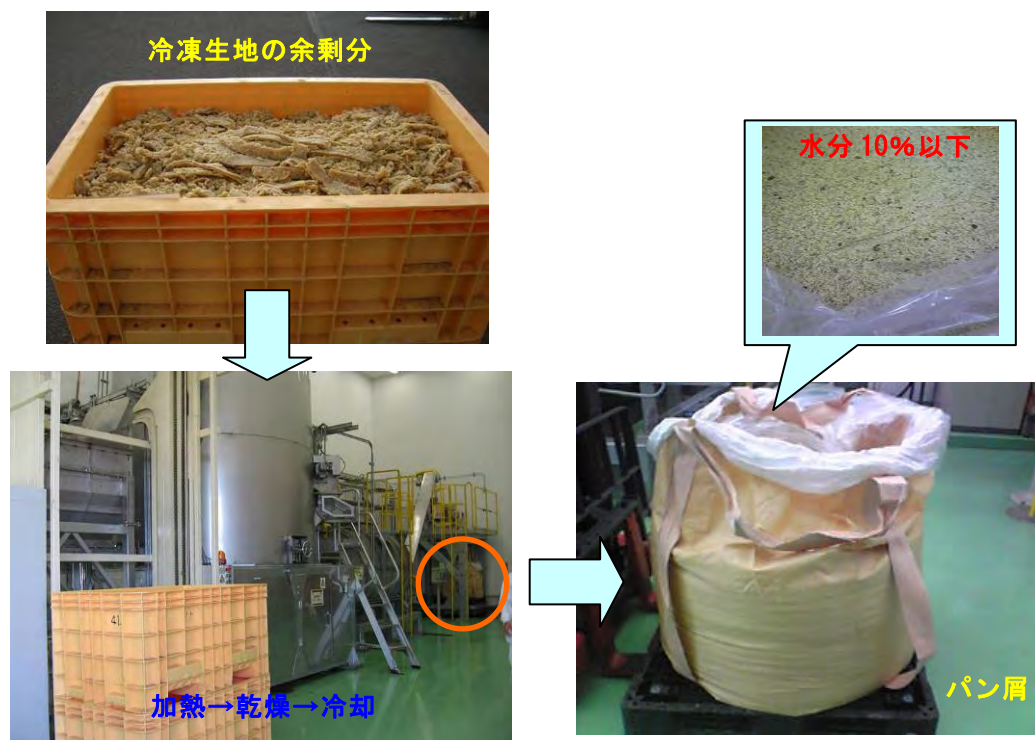


図2 パン屑の製造工程

(1) 筋肉内脂肪含量の変化

筋肉内脂肪含量および脂肪酸組成を調べたところ、筋肉内脂肪含量は、パン屑 20%区は 3.97%、パン屑 50%区は 5.19%、パン屑 70%区は 7.31%となり、パン屑 70%区がパン屑 20%区よりも有意に高くなりました（図 3）

($P < 0.05$)。パン屑の配合割合による影響によるものと考えられました。パン屑 70%区とパン屑 20%区のロース芯断面写真（図 4）を比較してみると、70%区は白っぽくサシも細かく入っているのに対し、20%区は全体的に赤っぽくサシも粗いのが視認できます。

筋肉内脂肪の脂肪酸組成は、パン屑給与区ではいずれの脂肪酸でも有意差は認められませんでした。

今回はパン屑を利用しましたが、パン屑以外でも、同程度のリジン（0.30%）を含む食品残さであれば、上記のような配合割合で給与することによって、同じような傾向の筋肉内脂肪含量を持つ豚肉の作出が可能であると考えられます。また、パン屑はデンプン質飼料であり、一般的に大麦、小麦、イモ類などデンプン質の多いものを給与すると、豚は良質な硬い脂肪を生産します。従って、パン屑を多給することは、筋肉内脂肪含量を増加させるだけでなく、良質な脂肪を蓄積させることにもなるのです。しかし、逆に油脂の多い食品残さを用いると軟脂の原因になるので注意が必要です。

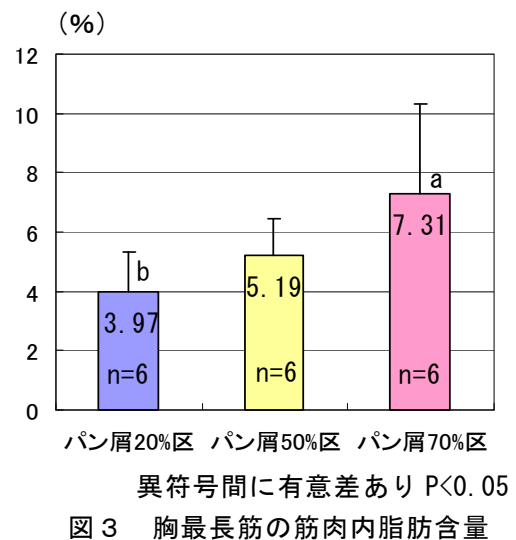


図 3 胸最長筋の筋肉内脂肪含量

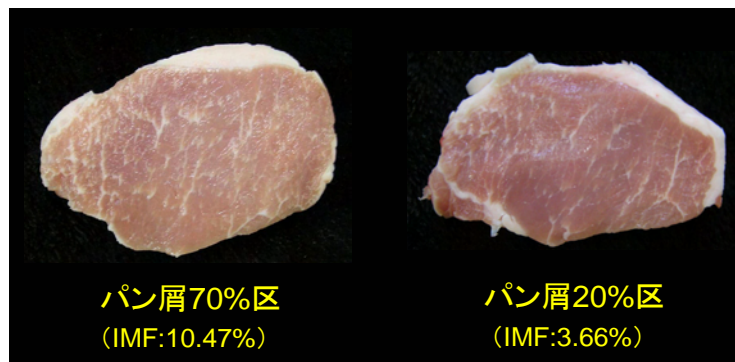


図 4 パン屑混合飼料給与豚のロース芯断面写真

(2) 発育への影響

発育およびと体成績を調べたところ、1日増体量の平均値は、パン屑 50%区(997 g)がパン屑 20%区(1,179 g)よりも低い傾向にありました。パン屑 70%区は 1,007 gでした。出荷日齢は、パン屑 50%区とパン屑 70%区がパン屑 20%区よりも 9日遅れましたが有意差はありませんでした（表 5）。

表5 肥育・枝肉成績

	パン屑20%区 (n=6)	パン屑50%区 (n=6)	パン屑70%区 (n=6)
給与開始時体重(kg)	68.0±8.4	65.8±6.1	65.0±4.4
出荷時体重(kg) ^{※1}	113.8±2.8	113.3±3.4	112.8±1.6
飼料摂取量(g/day)	3060	2674	2704
一日増体量(g/day)	1179±91 ^a	997±150 ^b	1007±163
飼料要求率	2.63	2.76	2.78
給与日数(day)	40±11	49±11	49±11
出荷日齢(day)	155±12	164±12	164±9
背脂肪厚(cm) ^{※2}	3.3±0.3	3.5±0.3	3.6±0.4
ロース芯断面積(cm ²) ^{※3}	20.6±1.2	21.1±1.3	20.3±1.8

※1絶食前体重

異符号間に有意差ありP<0.05

※2肩、背、腰の3部位の平均値

※3第4-5胸椎間

(3) 飼料費の削減

食品残さであるパン屑を利用することで飼料費の削減が可能かどうか、肥育豚1頭当たりの飼料費の概算値を算出して検討しました。その結果、肉豚肥育用配合飼料のみを給与した場合、1頭あたり20,170円かかり、パン屑20%区で19,287円、パン屑50%区で18,208円、パン屑70%区で17,317円と算出されました(表6)。結果から、パン屑の配合割合が増すにつれて飼料費は低減しており、肥育日数が増えて飼料摂取量が増加したとしてもコストが削減できることがわかりました。ただし、今回算出した飼料費には添加剤の費用は含みませんが、飼料混合の労働賃金は含まれていません。しかし、これまでの研究成果により、パン屑を飼料に配合することで高品質豚肉が作出できるということが広く知られるところとなり、パン屑が品薄状態であるという話も耳にします。従って、必ずしもパン屑が手に入らなかつたり、入ったとしても価格が今回示したものと異なったりする可能性があります。その場合には、手に入れやすい別のリジン含量の低い飼料を用いて、本技術を参考にさせていただきたいと思います。

表6 肥育豚1頭当たりの飼料摂取量および飼料費

	試験期間の 摂取量(kg)	全期間の 飼料費(円)	差額(円)
肉豚肥育用配合飼料のみ	122.4	20,170	-
パン屑20%区	122.4	19,287	-883
パン屑50%区	131.0	18,208	-1,962
パン屑70%区	132.5	17,317	-2,853

※パン屑と配合飼料の価格はkgあたりそれぞれ20円と64円(平成19年10月時点)

4 その他の食品残さと問題点

食品残さ資源には有用なものが多く存在しますが、飼料化がなかなか進んでいないのが現状です。飼料化が進まない理由は、原料の多くは水分を多く含み劣化し易いこと、まとまったものが必ずしも安定的に供給されにくいこと、食品残さ飼料には栄養的なバランスがとれていないものがあること、生産物に影響を及ぼすこと(軟脂の問題)、配合飼料や輸入とうもろこしの価格と比べてさほど安いものになっていないこと、飼養規模(頭数)が極めて大型化している事情から飼料給与の利便性に欠けることなどです。

しかし、地域の立地を生かして関係者(排出業者、運搬業者、飼料化業者、畜産農家、行政、

有識者および流通業者) が連携した優良事例も多くあります。食品残さを使用するには工夫が必要ですが、関係者と総合的に取り組むことで食品残さが食品循環資源となり、地産地消にもつながっていきます。

おわりに

現在、養豚経営は価格の安い輸入豚肉の増加、飼料価格の高騰などにより非常に厳しい状況下にあります。そのような中で、食品残さを有効に利用することは、高品質豚肉を生産する可能性をもたらします。特別な豚でなくても、飼料によって高品質豚肉を作出できるのです。今回、パン屑(リジン: 0.30%)を配合飼料に20%、50%、70%の割合で加えることにより、筋肉内脂肪含量が段階的に増加することがわかりました。これを特徴付けに利用することにより、多様化する消費者ニーズに対応した付加価値の高い豚肉の生産ができるのではないかと考えます。また、コスト削減につながれば、直接的で非常に有効な手段となりえます。本稿が食品残さを使用する際の契機となれば幸いです。

参考文献

- 1) 榎木香書房編集部, 2009, 畜産情勢〈飼料〉, 鶏研 Aim, No. 3, 18-19.
- 2) 中央畜産会ホームページ
- 3) 畜産草地研究所・中央畜産会・配合飼料供給安定機構・家畜栄養生理研究会, 2007. 平成19年度問題別研究会エコフィード全国シンポジウム, 1-13.
- 4) (独)農業技術研究機構, 2002. 日本標準飼料成分表(2001年版), 中央畜産会, 東京, 245pp.
- 5) 農業生物系特定産業研究機構, 2005. 日本飼養標準・豚(2005年版), 中央畜産会, 東京, pp. 12-21.
- 6) 入江正和, 2004. 豚肉の品質と評価, 養豚の友, 10月号, 20-24.
- 7) 岩本英治・設楽修・入江正和, 2005. パン添加飼料給与がブタの増体量および肉質に及ぼす影響, 日本畜産学会報, 76, 15-22.
- 8) Katsumata, M., Kobayashi, S., Matsumoto, M., Tsuneishi, E. and Kaji, Y., 2005. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the Longissimus dorsi muscles of finishing gilts. *Animal Science Journal*, 76, 237-244.
- 9) 鈴木啓一・清水ゆう子・阿部博行・斗内佳子・鈴木惇, 2001. 豚肉質の品種間、性および胸最長筋部位間の比較, 日本畜産学会報, 72, J215-J223.
- 10) 設楽修, 2006. 食品リサイクル飼料を活用した霜降り豚肉生産技術の実用化. 問題別研究会資料, 25-32.
- 11) 入江正和, 2005. 脂肪の理化学的性状と官能評価, 食肉の官能評価ガイドライン, 財団法人日本食肉消費総合センター, 東京, 123-129.
- 12) (社)日本配合飼料供給安定機構, 2007. 食品残さの飼料化(エコフィード)をめざして-飼料化マニュアル(平成19年度版)-, 3-4.
- 13) 入江正和, 2007. エコフィード給与と豚肉の品質, 食肉の科学, 148(2), 175-186.

畜産技術研究所中小家畜研究センター
技師 大津雪子

平成21年8月発行

静岡県産業部振興局研究調整室

〒420-8601

静岡市葵区追手町9-6

TEL 054-221-2676

