

原 著

北海道産未利用原料を用いて設計された肥育期飼料給与が 肥育豚の発育，産肉および脂肪組織の 脂肪酸組成に及ぼす影響

山田未知^{1,2}・池原麻友美¹・岡田裕輝¹・後藤穂高²・武田陽介²・
森好政晴³・菅野美樹夫⁴・尾崎邦嗣⁴・山田幸二⁵・
筒井静子^{1,2}・中辻浩喜^{1,2}

¹ 酪農学園大学酪農学部，北海道江別市，069-8501

² 酪農学園大学農食環境学群，北海道江別市，069-8501

³ 酪農学園大学獣医学群，北海道江別市，069-8501

⁴ 酪農学園フィールド教育研究センター，北海道江別市，069-8501

⁵ 郡山女子大学家政学部，福島県郡山市，963-8851

(2016年7月15日受付，2016年10月5日受理)

要 約 北海道産未利用原料を用いた肥育期飼料給与が肥育豚の発育，産肉および脂肪組織の脂肪酸組成に及ぼす影響について，市販飼料給与区（対照区）と未利用原料を用いた試験飼料給与区（試験区）の2区を設定して検討した。試験飼料は乾物中粗タンパク質含量が市販飼料のそれと同量となるように，北海道産の規格外ジャガイモ（ジャガイモ）30.0%，廃棄された豆腐（豆腐）16.0%，アスパラガスの切り下（アスパラ）10.0%，商品とならない小麦粉（小麦粉）43.5%に市販のビタミン・ミネラル製剤0.5%を加えて配合した。なお，ジャガイモ，豆腐およびアスパラについては-30℃で凍結保存していたものを解凍・脱水処理後に60℃の送風乾燥機で乾燥し，風乾物として試験飼料の原料とした。給与試験には体重約76kgの三元交雑去勢豚（WLD）を用いた。その結果，発育成績および枝肉成績ともに両区間に有意な差は見られなかった。腎臓周囲脂肪および胸最長筋内脂質の脂肪酸組成は，C18:1の割合が対照区に比べ試験区で有意に低い値を示した（ $P<0.05$ ）。また，C18:2とC18:3の割合が対照区に比べ試験区で有意に高い値を示した（ $P<0.01$ ）。さらに，n-6/n-3比は対照区に比べ試験区で有意に低い値を（ $P<0.01$ ），脂肪の硬軟を示すC18:2/C18:0比は対照区に比べ試験区で有意に高い値を示した（ $P<0.01$ ）。一方，背脂肪および胸最長筋と頸棘筋間脂肪の融点は対照区に比べ試験区で有意に低い値を示した（ $P<0.01$ ）。以上の結果から，養豚用飼料原料として活用されていないジャガイモ，小麦粉，豆腐およびアスパラを原料とした飼料を給与した豚は，市販飼料を給与した豚に比べ，脂肪中の多価不飽和脂肪酸が多くなることから，その融点は低くなり，若干脂肪は軟らかくなるものの，n-3系多価不飽和脂肪酸であるC18:3が増加し，その発育および産肉性も市販飼料給与豚と同等であることが確認できた。

緒 言

養豚における飼料費は生産費の多くを占めており

（農林水産省大臣官房統計部，2014），その原料は海外依存度が極めて高い（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜水産安全管理課，2016）。この

連絡者：山田未知（E-mail：m-yamada@rakuno.ac.jp TEL. 011-388-4865）

ため、飼料価格は穀物相場や為替レート、原油価格に伴う運賃などにより左右され（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜産安全管理課，2016），これが養豚経営の不安定要素となっている。

一方，2001年5月には，食品廃棄物の発生抑制と減量化による最終的な処分量の減少，さらにはそれらを飼料や肥料の原材料として再生利用を図ることを目的とし，「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）」（平成12年法律第116号）が施行された。畜産分野においては食品残さや規格外農産物などの未利用資源の飼料化（エコフィード）が進められており（農林水産省生産局畜産部飼料課，消費・安全局畜産安全管理課，2016），養豚においてもエコフィード活用のための研究がこれまで数多く行われている（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）。

北海道は農林水産業が盛んな地域であり，平成24年度のカロリーベースの食糧自給率は200%と全国第1位である（農林水産省大臣官房食料安全保障課，2014）。また，これらの原料を活用した食品製造業事業者数およびその出荷額も北海道が全国トップであり（経済産業省大臣官房調査統計グループ，2015），そこから排出される農産物残さや食品製造副産物等については，家畜の飼料原料となり得る原料も多い（経済産業省 北海道経済産業局，2011）。しかし，これら飼料原料となり得る排出物の多くは水分含量が高いために保存性が低く，排出時期がその原料の収穫時期に左右されるものが多いといった課題を残している（経済産業省 北海道経済産業局，2011）。

そこで本研究では，北海道内から排出される原料を用いて，年間を通じて供給可能な養豚用乾燥飼料を設計し，この設計飼料の給与が肥育豚の発育，産肉性および脂肪組織の脂肪酸組成に及ぼす影響について検討した。

材料および方法

(1) 飼料原料

本研究では，北海道の生産量が全国第1位であるジャガイモ，ダイズ，アスパラガス，小麦（農林水産省大臣官房統計部，2015）に注目し，これらの生産物として，北海道産の規格外ジャガイモ（ジャガイモ），アスパラガスの切り下（アスパラ），またその生産物の加工品として，廃棄された豆腐（豆腐）

および商品とならない小麦粉（小麦粉）に市販のビタミン・ミネラル製剤（ゼノミックス，日本全薬工業株式会社）を加え，飼料原料とした。

(2) 高水分原料の風乾物処理

これらの原料のうちジャガイモ，豆腐およびアスパラについては，原物の水分含量が高く（文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会，2010）保存性が低いと考え，給与前まで -30°C で冷凍保存を行った。保存後，これらの原料に対してブロック（約15kg）を用いて重量負荷をかけ，カビ等の発生のないことを目視で確認しながら常温（最高気温 $25.2\pm 3.4^{\circ}\text{C}$ ，最低気温 $15.0\pm 3.9^{\circ}\text{C}$ ）で解凍した（解凍日数：ジャガイモおよび豆腐3日，アスパラガス10日間）。なお，ジャガイモは解凍後にチョッパー（チョッパー中型，宝田工業（株））にて約5mm~1cm角の大きさに細かく粉碎する処理を施した。

解凍後，原料を市販の脱水機（回転数約800rpm）で脱水し（脱水時間：ジャガイモとアスパラ10分，豆腐5分）， 60°C の送風乾燥機で乾燥した後に室温で保存して，平均水分含量がジャガイモ10.3%，豆腐5.0%，アスパラ9.2%の風乾物に調製し，飼料原料とした。

(3) 各風乾物原料および試験飼料の栄養成分，飼料中リジン含量の分析

各風乾物原料および小麦粉，ビタミン・ミネラル製剤の栄養成分（水分，粗タンパク質，粗脂肪，粗灰分）を異なるロットから各5点ずつ，常法（阿部，2001）に基づき分析し，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。

試験飼料の乾物中目標粗タンパク質含量を市販の肥育期飼料（トウモロコシ等穀類72%，大豆粕等の植物性油粕類18%，コーングルテンフィード等のそうこう類3%，その他7%，TDN：78.0%以上，粗タンパク質：15.0%以上）の乾物中粗タンパク質含量（17.2%）として，各風乾物原料の分析値を用いて配合割合を検討し，ジャガイモ30.0%，豆腐16.0%，アスパラ10.0%，小麦粉43.5%，ビタミン・ミネラル製剤0.5%で給与飼料を配合した。この試験飼料および対照の市販飼料についても風乾物原料と同様に異なるロットから各5点ずつ栄養成分を測定するとともに各飼料中リジン含量についても同様に3点測定した。なお，飼料中リジン含量は，封管用試験管に飼料約0.3gと20%塩酸（0.04% 2-メルカプトエタノール含有）を20ml加えて脱気した後に 110°C 恒温乾燥器内で24時間加水分解し，3mol/l水酸化ナ

トリウム溶液でpHを2.2に調整した後、クエン酸ナトリウム緩衝液(pH 2.2)で定容してアミノ酸自動分析計JLC-500/V(日本電子株式会社)で測定した。

(4) 給与試験

平均体重約76kgの三元交雑去勢豚(WLD)16頭を用い、市販飼料を給与した対照区に8頭、試験飼料を給与した試験区に8頭を配分し、各区とも2頭群飼で4群により体重110kgまで水と飼料は不断給餌で飼育を実施した。その後、24時間絶食させた後にと畜し、と畜後24時間2℃の冷蔵庫に枝肉を保存後、右半丸により枝肉調査を実施するとともに供試豚全頭から腎臓周囲脂肪を、供試豚のうち各区4頭ずつから背脂肪付第5-6胸椎間胸最長筋を採取し、脂肪組織の脂肪酸組成分析および脂肪の融点測定に供した。

(5) 飼料中および胸最長筋内脂質、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成の分析

ロットの異なる4点の市販飼料と試験飼料中脂質、並びに各区4頭ずつの胸最長筋内脂質の脂肪酸組成を分析した。分析はナスフラスコに各飼料3gとクロロホルム-メタノール(2:1)混液を80ml加え、ヒストコロン(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分間でけん化を行い、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、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。

腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成の分析は、供試した豚全個体について実施した。腎臓周囲脂肪の抽出は、遠沈管に腎臓周囲脂肪約1gを入れ、ジクロロメタン-ヘキサン(1:1)混液を30ml加えてヒストコロンでホモジナイズした後遠心分離を行い、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脂肪酸組成を算出した。

(6) 背脂肪と筋肉間脂肪の融点測定

各区4頭から採取した背脂肪付胸最長筋から背脂肪(内層及び外層を含む)と、胸最長筋と頸棘筋間脂肪を採取し、融点測定のサンプルとした。これらのサンプルは70~80℃に設定したウォーターバスで

溶解した後、内径0.9mmのガラスキャピラリーチューブに1cmの高さまで吸い込み、氷上で1時間冷却後に簡易融点測定装置(MEL-270, 柴田科学株式会社)を用いて測定した。

(7) 差の検定

市販飼料と設計飼料間の成分、給与試験における両区間の調査項目の有意差検定についてはSTUDENTまたはWELCHのt検定にて行った。

結果および考察

(1) 飼料の設計と成分値

処理後の各原料における乾物率および乾物中の栄養成分を表1に、それに基づき設計された飼料原料の配合割合、その成分の計算値ならびに分析値を表2に示した。なお、ビタミン・ミネラル製剤の分析値において灰分以外の成分が測定されたが、これは同製剤製造の際に使用される賦形剤として米ヌカや油粕等を使用していることに起因するものである。

佐伯ら(2004)は、食品残さを成分表に基づき配合した養豚用リサイクル飼料の組成および栄養価の計算値と実測値について検討を行った結果、抜き取り式のサンプリングによる素材の実測値を基にしても、サンプリングエラーや日間、ロット間の変動があるため組成予測精度の向上には限界があり、必要に応じて安全率を見込んだ配合設計が必要であると報告している。

本研究では、凍結保存後に解凍・脱水処理を施し、その後風乾したジャガイモ、豆腐、アスパラと小麦粉、ビタミン・ミネラル製剤の分析値(表1)を用いて、その乾物中粗タンパク質含量を市販飼料と同程度として設計した結果、その乾物率は計算値より分析値が若干高い値を示し、乾物中粗タンパク質、粗脂肪、粗灰分、炭水化物すべての栄養素において分析値は計算値とほぼ同じ値であった(表2)。このことは、佐伯ら(2004)の使用した原料は成分原料の変動が大きな食品残さであったのに対し、本研究で使用した原料は成分変動要因が比較的少ない材料であったためと考える。一方、試験飼料と市販飼料の栄養成分を分析値で比較してみると、乾物中粗脂肪含量は市販飼料が3.0%、試験飼料が5.7%と試験飼料が有意に高い値を($P<0.01$)、逆に粗灰分含量は市販飼料が4.3%、試験飼料が2.5%と試験飼料が有意に低い値を示し($P<0.01$)、リジン含量も試験飼料が0.82%と市販飼料(0.96%)より有意に低い値を示していたが($P<0.01$)、粗タンパク質と炭水化物

表 1. 各原料の乾物中栄養成分 (分析値)

Table 1. Chemical compositions of materials in dry basis (analysis value)

Materials	Dry matter	Chemical composition (%)			
		Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate
Potato (n=5)	89.7±0.7 (22.6±1.5)	3.6±0.6 (8.9±0.3)	0.3±0.0 (0.5±0.0)	1.9±0.1 (5.0±0.3)	94.2±0.6 (85.6±0.5)
Tofu (n=5)	95.0±1.1 (23.6±2.8)	55.9±1.5 (54.2±2.1)	29.8±1.0 (29.2±1.8)	3.6±0.1 (3.9±0.0)	10.7±1.8 (12.7±1.6)
Asparagus (n=5)	90.8±0.2 (6.4±0.1)	16.1±0.5 (19.0±0.4)	5.6±0.2 (2.5±0.6)	3.9±0.2 (7.8±0.2)	74.3±0.7 (70.8±0.8)
Wheat flour (n=5)	86.6±0.2	12.7±0.3	1.0±0.1	0.7±0.1	85.7±0.2
Vitamin and mineral mix* (n=5)	96.1±0.1	10.0±0.7	2.2±0.2	63.8±0.7	24.0±1.3

Means± Standard deviation

* Zenomix (Nippon Zenyaku Kogyo Co.Ltd)

() : raw material data

表 2. 試験飼料の配合割合および各飼料の成分値

Table 2. Composition of the experimental diet and the chemical composition of the diets

Ingredient materials ratio of desing diet (% air dry basis)					
Materials					
Potato				30.0	
Tofu				16.0	
Asparagus				10.0	
Wheat flour				43.5	
Vitamin and mineral mix				0.5	
Chemical composition (% dry matter basis)					
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate
Design diet					
Calculated value	89.3	17.2	5.8	2.2	74.8
Analyzed value (n=5)	91.8±0.6 ^{a)}	17.2±0.8 (0.82±0.02 ^{b)})	5.7±0.3 ^{a)}	2.5±0.7 ^{b)}	74.7±1.1
Commercial diet					
Analyzed value (n=5)	87.9±0.4 ^{b)}	17.2±0.4 (0.96±0.03 ^{a)})	3.0±0.3 ^{b)}	4.3±0.2 ^{a)}	75.5±0.8

Means± Standard deviation

() : Lysine content (n=3)

^{a,b} P<0.01 between design diet and commercial diet

含量は両飼料ともほぼ同量であった (表 2)。

なお、本研究では原料を風乾物化するまで凍結保存し、その後室温での解凍時に大量の水分排出が観察されたため、原物に対して脱水処理を施した。しかし、この際の原物からの水分除去効果やそれに伴

う原料の乾燥時間に対する影響については検討していない。また、水分除去に伴う栄養成分の変化については、ジャガイモやアスパラでは水溶性のタンパク質やミネラルの流出が考えられたが、本研究においてはその損出率等の詳しい検討は行なわなかつ

表 3. 北海道産未利用原料を用いた肥育用飼料給与が肥育豚の発育および枝肉形質に及ぼす影響

Table 3. Effect of the diet containing unutilized resources of Hokkaido on the growth and carcass characteristics of fattening pigs

		Control (n=4)	Experimental (n=4)
Starting weight	(kg)	76.7±2.5	76.3±2.6
Finiishing weight	(kg)	110.4±0.9	110.7±0.7
Number of days		32.0±6.6	33.8±6.9
Daily weight gain	(g)	1,099.4±262.5	1,051.4±206.7
Feeding conversion ratio		3.04±0.62	2.76±0.35

Slaughter weight	(kg)	108.4±2.2	109.7±1.2
Carcass weight	(kg)	69.8±2.2	71.1±1.6
Dressing percentage	(%)	64.4±1.3	64.8±1.0
Carcass length	(cm)	93.1±2.6	92.9±2.5
Back and lion length I	(cm)	79.9±2.1	80.0±2.3
II	(cm)	70.0±1.7	70.1±2.5
Carcass width	(cm)	35.2±1.0	34.9±0.7
Backfat thickness	(cm)		
	Shoulder	3.8±0.5	3.8±0.5
	Middle	2.2±0.5	2.0±0.6
	Loin	3.4±0.6	3.3±0.8

Means± Standard deviation

た。今後は、高水分未利用原料を風乾物化するための前処理としての凍結解凍・脱水処理の水分除去効果や乾燥時間に対する影響、並びに栄養成分の変化について、各原料における処理の例数を増やして詳細な検討を加える必要があるものとする。

(2) 発育および枝肉成績

各区の発育成績および枝肉成績を表3に示した。

経過日数は対照区が32.0日、試験区が33.8日、一日平均増体量は対照区が1,099.4g、試験区が1,051.4g、飼料要求率は対照区が3.04、試験区が2.76と、両区間に有意な差はなかった。

また、枝肉成績は、枝肉歩留が対照区で64.4%、試験区で64.8%、と体長は対照区で93.1cm、試験区で92.9cm、背腰長Iは対照区で79.9cm、試験区で80.0cm、背腰長IIは対照区が70.0cm、試験区が70.1cm、と体幅は対照区が35.2cm、試験区が34.9cmと両区間に有意な差は見られなかった。また背脂肪厚についても肩で対照区が3.8cm、試験区は3.8cm、背は対照区が2.2cm、試験区が2.0cm、腰は対照区が3.4cm、試験区が3.3cmと両区間に有意な差はなかった。

これらの結果、本研究での試験飼料の給与は対照

である市販飼料給与と同等の発育および産肉性を有していることが示唆され、原料の排出時期に左右されることなく道産原料のみで豚肥育期飼料を調製することは可能であることが考えられた。

(3) 飼料中脂質と腎臓周囲脂肪および胸最長筋内脂質の脂肪酸組成

各区の給与飼料および腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成を表4に、胸最長筋内脂質含量とその脂肪酸組成を表5に示した。

豚の脂肪の脂肪酸組成は、給与飼料の脂肪酸組成に影響を受けることが知られている(入江と西村, 1986; 高田ら, 1992)。本研究の試験飼料は市販飼料に比べC12:0, C14:0, C16:0, C16:1, C20:1, C22:1の割合が有意に低く(C16:0, C16:1, C20:1, C22:1:P<0.01, C12:0, C14:0:P<0.05), C18:0, C18:2, C18:3の割合が有意に高く(C18:2, C18:3:P<0.01, C18:0:P<0.05), 試験飼料のn-6/n-3比は対照の市販飼料に比べ有意に低い値であった(P<0.01)(表4)。一方、腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成はC14:0, C16:0, C18:0およびC18:1が対照区に比べ試験区で有意に低い値を示し(C14:0, C16:0, C18:0:P<0.01, C18:1:P<0.05),

表 4. 北海道産未利用原料を用いた肥育用飼料給与が腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響
 Table 4. Effect of the diet containing unutilized resources of Hokkaido on the fatty acid composition in the perirenal fat of fattening pigs

Fatty Acids (%)	Diets		Perirenal Fat	
	Commercial (n=4)	Design (n=4)	Control (n=8)	Experimental (n=8)
C12:0	0.3±0.1 ^{c)}	0.0±0.0 ^{d)}	—	—
C14:0	0.3±0.1 ^{c)}	0.0±0.0 ^{d)}	1.6±0.2 ^{a)}	1.4±0.1 ^{b)}
C16:0	20.0±0.6 ^{a)}	14.9±0.3 ^{b)}	28.2±1.0 ^{a)}	25.6±0.7 ^{b)}
C16:1	0.2±0.0 ^{a)}	0.1±0.1 ^{b)}	1.6±0.1	1.4±0.3
C17:0	0.1±0.1	0.1±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1
C17:1	—	—	0.3±0.0	0.3±0.1
C18:0	3.1±0.5 ^{d)}	4.4±0.4 ^{c)}	20.7±1.3 ^{a)}	16.9±0.9 ^{b)}
C18:1	27.9±2.9	21.1±0.3	37.1±1.7 ^{c)}	35.1±1.8 ^{d)}
C18:2	42.8±2.4 ^{b)}	51.0±1.3 ^{a)}	8.1±0.9 ^{b)}	15.4±1.6 ^{a)}
C18:3	2.0±0.5 ^{b)}	7.0±0.5 ^{a)}	0.4±0.1 ^{b)}	1.7±0.2 ^{a)}
C20:0	0.4±0.1	0.3±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1
C20:1	0.3±0.1 ^{a)}	0.2±0.0 ^{b)}	0.8±0.1	0.6±0.2
C20:2	—	—	0.4±0.1 ^{b)}	0.6±0.2 ^{a)}
C20:3	—	—	0.0±0.0 ^{b)}	0.2±0.1 ^{a)}
C20:4	—	—	0.2±0.1	0.2±0.0
C22:0	0.3±0.1	0.4±0.1	—	—
C22:1	0.3±0.0 ^{a)}	0.2±0.0 ^{b)}	—	—
C24:0	0.3±0.1	0.2±0.1	—	—
n-6/n-3	23.5±4.2 ^{a)}	7.3±0.7 ^{b)}	23.5±2.9 ^{a)}	8.6±0.5 ^{b)}
C18:2/C18:0	15.0±4.2	11.6±1.3	0.39±0.06 ^{b)}	0.92±0.13 ^{a)}

Means± Standard deviation

^{a,b} $P < 0.01$, ^{c,d} $P < 0.05$ between commercial diet and design diet, control and experimental groups.

C18:2, C18:3, C20:2 および C20:3 が対照区に比べ試験区で有意に高い値を示し ($P < 0.01$), n-6/n-3 比も対照区に比べ試験区で有意に低い値を示した ($P < 0.01$) (表 4)。また, 胸最長筋内脂質含量は両区とも 4.1% と差は見られなかったが (表 5), その脂肪酸組成では, C18:1 が対照区に比べ試験区で有意に低い値を示し ($P < 0.05$), C18:2, C18:3 および C22:5 が対照区に比べ試験区で有意に高い値を示しており (C18:2 および C18:3: $P < 0.01$, C22:5: $P < 0.05$), n-6/n-3 比も対照区に比べ試験区で有意に低い値を示した ($P < 0.01$) (表 5)。これらの結果から本研究における脂肪組織の脂肪酸組成はこれまでの報告 (入江と西村, 1986; 高田ら, 1992) と同様, 飼料の脂肪酸組成とほぼ連動していた。

多価不飽和脂肪酸については, C18:2 が飽和脂肪酸より体脂肪に選択的に蓄積されること (入江, 1989), C18:3 は C18:2 より更に強く選択的蓄積

が行われること (入江ら, 1990), さらには, n-3 系多価不飽和脂肪酸と n-6 系多価不飽和脂肪酸の代謝は拮抗することが報告されている (石田ら, 1995)。一方, 豚 (入江, 1990) や鶏ヒナ (ANら, 1995) では飼料中の n-3 系多価不飽和脂肪酸が増加すると動物体内に蓄積される脂肪酸のうち主に減少するのは C18:2 である可能性を指摘している。また, 著者が豚にエゴマ種実添加飼料を給与した研究 (山田ら, 2001) では, エゴマ種実添加飼料は脂質含量が市販飼料の約 1.3 倍で, 飼料中 C18:2 含量は市販飼料に比べて低い値であったものの, エゴマ種実添加飼料給与区の腎臓周囲脂肪中 C18:2 比率は逆に対照区に比べ有意に高い値を示し, 豚体脂肪の脂肪酸組成に影響を与える要因としては, 給与飼料中の脂肪酸組成に加え, 飼料中脂質含量も関係している可能性が伺える結果を得ている。本研究における試験飼料は市販飼料に比べ脂質含量が約 1.9 倍と高く,

表 5. 北海道産未利用原料を用いた肥育用飼料給与が胸最長筋内脂質含量とその脂肪酸組成に及ぼす影響

Table 5. Effect of the diet containing unutilized resources of Hokkaido on the lipid content and fatty acid composition of the intramuscular fat in the Loin of fattening pigs

	Control (n=4)	Experimental (n=4)
Lipid content (%)	4.1±0.9	4.1±0.9
Fatty acids composition (%)		
C14:0	1.6±0.1	1.4±0.1
C16:0	26.2±1.1	25.4±1.1
C16:1	2.9±0.3	2.5±0.3
C17:0	0.3±0.1	0.4±0.1
C17:1	0.2±0.1	0.2±0.2
C18:0	14.9±1.0	14.5±1.2
C18:1	45.4±1.7 ^{c)}	43.0±0.5 ^{d)}
C18:2	5.8±1.3 ^{b)}	9.2±1.2 ^{a)}
C18:3	0.2±0.0 ^{b)}	0.7±0.1 ^{a)}
C20:0	0.2±0.0	0.2±0.0
C20:1	0.9±0.1	0.8±0.3
C20:2	0.3±0.1	0.4±0.1
C20:3	0.1±0.1	0.2±0.1
C20:4	0.9±0.3	1.0±0.2
C22:4	0.2±0.1	0.2±0.1
C22:5	0.1±0.1 ^{d)}	0.2±0.1 ^{c)}
n-6/n-3	28.8±3.5 ^{a)}	12.8±0.8 ^{b)}
C18:2/C18:0	0.39±0.09 ^{d)}	0.64±0.15 ^{c)}

Means± Standard deviation

^{a,b} $P < 0.01$, ^{c,d} $P < 0.05$ between control and experimental groups

C18:2およびC18:3比率も高かった。また、これら飼料を給与した豚の腎臓周囲脂肪および筋肉内脂質の脂肪酸組成についてもC18:2およびC18:3ともに対照区に比べ試験区で有意に高い値を示し、選択的蓄積や拮抗代謝の影響によるC18:2およびC18:3の関係は認められなかった。よって本研究の腎臓周囲脂肪中および筋肉内脂質中C18:2およびC18:3割合は、選択的蓄積や拮抗代謝の影響より飼料中脂質含量やその脂肪酸組成の影響が大きかったことが推察されるが、この点については今後の検討が必要であると考えらる。

また、河野(1996)はC18:2/C18:0比を触感による脂肪の硬軟判定傾向の一要因として、腎臓周囲脂肪のC18:2/C18:0比が0.46以下を「硬脂」、0.54~0.65で「硬脂と普通脂の判断が難しい範囲」、0.65~0.72で「普通脂と中間脂の判断が難しい範囲」、

0.72~0.95で「中間脂」、0.95~1.15で「中間脂と軟脂の判断が難しい範囲」、1.15以上を「軟脂」と判断基準を設け、腎臓周囲脂肪では0.54以下の豚を生産することが脂肪の評価で枝肉の格付が落ちない一つの基準であると報告している。本研究においては腎臓周囲脂肪および筋肉内脂質の両組織でC18:2/C18:0比が対照区に比べ試験区で有意に高い値を示し(腎臓周囲脂肪: $P < 0.01$, 筋肉内脂質: $P < 0.05$)、本研究での試験飼料を豚に給与すると、その脂肪は市販肥育期飼料給与豚に比べ軟らかい可能性が示唆された。本研究におけるC18:2/C18:0は、河野(1996)の基準の「中間脂」に当たり、軟脂豚として「格落ちしない基準」としての0.54を上回る値ではあったものの枝肉格付においては「軟脂豚」で格落ちした豚はいなかった。よって本研究における試験飼料給与による豚枝肉格付上、「軟脂」の発現の可能

表 6. 北海道産未利用原料を用いた肥育用飼料給与が背脂肪と筋肉間脂肪の融点に及ぼす影響

Table 6. Effect of the diet containing unutilized resources of Hokkaido on the melting point in the intermuscular fat and back fat of fattening pigs

	Control (n=4)	Experimental (n=4)
Melting point (°C)		
Intermuscular fat	40.8±0.8 ^{a)}	33.8±1.5 ^{b)}
Back fat	41.0±1.1 ^{a)}	33.5±0.5 ^{b)}

Means± Standard deviation

^{a, b} $P < 0.01$ between control and experimental groups.

性は少ないと考える。

一方、消費者は近年、健康に寄与する食品への関心が高くなっているという背景のもと、生活習慣病予防に関係があるとされているn-3系多価不飽和脂肪酸(橋本ら, 1988; 米倉と佐藤, 1989; 山田と水野, 1996)含量が高いアマニ油脂肪酸カルシウム(石田ら, 1995)や魚油(入江ら, 1990), エゴマ種実(山田ら, 2001), エゴマ粕(山田ら, 2005)を豚飼料に添加してn-3系多価不飽和脂肪酸含量の高い豚肉を生産する技術の開発が進んでいる。道産未利用資源を活用した試験飼料を給与した本研究においても、市販肥育期飼料を給与した豚に比べ、腎臓周囲脂肪および筋肉内脂質のn-6/n-3比が有意に低い値を示し($P < 0.01$), 結果としてn-3系多価不飽和脂肪酸が高い値を示した。このことから、未利用資源を活用して付加価値のある豚肉生産の可能性も示唆された。

(4) 筋肉間脂肪および背脂肪の融点

各区における筋肉間脂肪および背脂肪の融点を表6に示した。

丹羽と中西(1995)は、食品製造副産物として豆腐粕サイレージ給与による肥育豚の発育および体脂肪に及ぼす影響を検討した結果、豆腐粕サイレージ給与により脂肪の融点が低くなり、その脂肪酸組成としてはC18:2およびC18:3の割合が有意に高くなることを報告している。

本研究においても筋肉間脂肪の融点は対照区が40.8°C, 試験区が33.8°C, 背脂肪では対照区が41.0°C, 試験区が33.5°Cと両組織ともに対照区に比べ試験区で有意に低い値を示し($P < 0.01$), 前述したとおり本研究においてもC18:2やC18:3といった多価不飽和脂肪酸の割合が対照区に比べ試験区で有意に高く、丹羽と中西(1995)と同様な結果を示し

た。

以上の結果から、本研究における設計飼料の肥育豚への給与は、市販飼料を給与した場合に比べ腎臓周囲脂肪の脂肪酸組成に差が見られるものの、発育および産肉性には差が見られなかったことから、北海道産の規格外ジャガイモ、商品とならない小麦粉、廃棄される豆腐およびアスパラガスの切り下を原料とする養豚用飼料の給与は脂肪が柔らかくなるという特徴は出るものの、肥育豚の発育および産肉性に問題なく利用可能であることが確認できた。

今後は実用レベルでの原料調達方法や効率的飼料調製方法について検討すべきと考える。

謝 辞

本研究において飼料原料を提供していただいた大坪農場(北海道夕張郡栗山町)、株式会社ファームホロ(北海道日高郡新ひだか町)、株式会社菊田食品(北海道江別市)、江別製粉株式会社(北海道江別市)の皆様、本研究にご協力いただいた本学畜養学研究室・中小家畜飼養学研究室学生諸君に感謝いたします。

文 献

- 阿部 亮: 2001, 一般成分(6成分), 新編動物栄養試験法(石橋 晃監修)第1版, 455-466.
 AN, B.K., K. TANAKA, and S. OHTANI: 1995, Effects of various n-3/n-6 fatty acid ratios in diet on lipid metabolism in growing chicks, Anim., Sci. Technol. (Jan), 66 (10), 830-840.
 橋本篤司・片桐雅博・鳥居新平・奥山治美: 1988, ラット好中球のロイコトリエン類産生に及ぼす食餌の α -リノレン酸/リノール酸バランスの影響, アレルギー, 37, 157-165.
 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.
- 入江正和：1989, 豚脂肪の理化学的性状に及ぼす諸要因一特に軟脂豚との関連とその制御-2-, 畜産の研究, **43**, 942-946.
- 入江正和・西村和彦：1986, 豚の脂肪の性状に及ぼす残飯給与と屠殺月齢, 蓄積部位の影響, 日畜会報, **57**, 642-648.
- 入江正和・崎元道男・藤谷泰裕・町田 登：1990, エイコサペンタエン酸, ドコサヘキサエン酸を含む魚油を給与した豚の脂肪における脂肪酸組成の変化と理化学的性状, 日畜会報, **61**, 771-779.
- 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.
- 石田修三・早澤宏紀・清水隆司・玉城政信・相井孝允：1995, アマニ油脂肪酸 Ca の給与が豚の血液, 臓器および筋肉脂質の n-3 系脂肪酸含量与える影響, 日畜会報, **66**, 889-897.
- 経済産業省大臣官房調査統計グループ：2015, 平成 25 年工業統計表「市町村編」データ.
- 経済産業省 北海道経済産業局：2011, 平成 22 年度 地域新成長産業創出促進事業（第一次産業等・副産物高付加価値化促進事業）報告書.
- 河野興一郎：1996, 畜産物の消費・流通に関する研究一豚脂質の向上に関する試験一, 平成 7 年度東京畜試年報, 8-9.
- 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会：2010, 日本食品標準成分表 2010, 全国官報販売協同組合, 東京都.
- 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・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・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.
- 農林水産省大臣官房食料安全保障課：2014, 平成 24 年度都道府県別食料自給率.
- 農林水産省大臣官房統計部：2014, 農林水産統計農業経営統計調査 平成 25 年度 肥育豚生産費.
- 農林水産省大臣官房統計部：2015, 作物統計調査.
- 農林水産省生産局畜産部飼料課, 消費・安全局畜水産安全管理課：2016, 飼料をめぐる情勢.
- 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.
- 佐伯真魚・川島知之・大澤貴之・阪上 泉・音成洋司・高橋俊浩・丹羽美次・望月辰起・山本心平・渡邊敬一・矢後啓司・青木 稔・堀 与志美・高田良三・山崎 信・永西 修・阿部 亮：2004, 食品残さを成分表に基づき配合した養豚用リサイクル飼料の組成および栄養価の設計値と実測値の比較, 日豚会誌, **41**, 217-227.
- 高田良三・設楽 修・齋藤 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.
- 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.
- 山田幸二・水野時子：1996, ラットの血漿コレステロールと血漿遊離アミノ酸におよぼす摂取脂肪の影響, 家政誌, **47**, 1079-1084.
- 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・添田 輝・関口志真・網中 潤・山田幸二・武藤健司：2005, 肥育豚へのエゴマ粕給与が発育性, 産肉性および脂肪組織と筋肉の脂肪酸組成に及ぼす影響, 日豚会誌, **42**, 45-53.
- 米倉郁美・佐藤章夫：1989, Sprague-Dawley ラットにおける 7,12-dimethylbenz [a] anthracene 誘発乳癌に対するエゴマ油および魚油の効果, 医学のあゆみ, **150**, 233-234.

Effect of the Designed Diet for Fattening using the Unutilized Resources of Hokkaido Feeding on the Growth, Carcass Characteristic and Fatty Acid Composition of Fat in Fattening Pigs

Michi YAMADA^{1,2}, Mayumi IKEHARA¹, Yuki OKADA¹, Hodaka GOTO², Yousuke TAKEDA², Masaharu MORIYOSHI³, Mikio SUGANO⁴, Kunitsugu OZAKI⁴, Koji YAMADA⁵, Shizuko TSUTSUI^{1,2} and Hiroki NAKATSUJI^{1,2}

¹ Faculty of Daily Science Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi, Hokkaido, 069-8501, Japan

² College of Agriculture, Food and Environment Science Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi, Hokkaido, 069-8501, Japan

³ School of Veterinary Medicine Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi, Hokkaido, 069-8501, Japan

⁴ Rakuno Gakuen Field Education and Research Center, Ebetsu-shi, Hokkaido, 069-8501, Japan

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

The effects of an air-dried diet designed to use unutilized local resources found in Hokkaido on the growth, carcass characteristic and fatty acid composition of fat in fattening pigs were examined. The unutilized resources used in the diet in this study were unmarketable potatoes (potato), disposed tofu (tofu), lower stems cut from asparagus (asparagus) all processed by freezing – thawing dehydration, as well as unmarketable wheat flour (wheat flour), and vitamin and mineral preparations. The diet was designed with the crude protein content in commercial diets as the targeted value. The component rates of the diet were as follows : for potatoes, 30.0% ; tofu, 16.0% ; asparagus, 10.0% ; wheat flour, 43.5% ; and vitamin and mineral preparations, 0.5%. Although the predictive value of the crude protein content in this designed diet was 17.2%, the analysis value of crude protein content was the same value (Lysine content was 0.82%). In the feeding experiment, there was no significant difference in the growth and carcass characteristics for each group. The fatty acid composition in the perirenal fat and intramuscular fat for the C18 : 1 content experimental group was significantly lower than those in the control group ($P < 0.05$), and the C18 : 2 and C18 : 3 content groups were significantly higher than those of the control group ($P < 0.01$). Moreover, the rate of n-6/n-3 of the experimental group was significantly lower than that of the control group ($P < 0.01$), and the rate of C18 : 2/C18 : 0 was significantly higher than that of the control group ($P < 0.01$). The melting point of the intermuscular fat and back fat of the experimental group was significantly lower than that of control group ($P < 0.01$). It has been suggested that the designed diet in this study resulted in growth and meat product ability equal to the commercial diet, and especially, more so for the C18 : 2 and C18 : 3 content group than that of the commercial diet. The melting point of fat for the designed diet was lower and its fat was softer than that of the commercial diet.

Jpn. J. Swine Science, **54**, 1 : 1-10

Key words : pig, design diet, unutilized resources, n-6/n-3 rate, C18 : 2/C18 : 0 rate